

C-ohjelmointi, syksy 2007

Taulukot

Yksiulotteiset taulukot

Moniulotteiset taulukot

Dynaamiset taulukot

Binääritiedostot

Luento 8

3.10.2007



Luennon sisältö

- n Taulukoiden käsittelyä
 - n Yksiulotteiset taulukot
 - n Määrittely
 - n Vertailu
 - n Alustus
 - n Vakiotaulukko
 - n Taulukko parametrina
 - n Moniulotteiset taulukot
 - n Dynaamiset taulukot
- n Binääritiedostot

Taulukot (arrays) (Müldnerin kirjan luku 10)

Yksiulotteiset taulukot

- n C:ssä taulukot ovat staattisia (koko tiedettävä ennen kääntämistä), mutta muuten samankaltaisia kuin Javassa.
- n Indeksointi alkaa aina nollostaa
 - n määrittely: type arrayName[size];

```
int luvut[20];
char *nimet[5*10+1];
```

```
#define SIZE 10
int taulu1[SIZE];
```

```
const int koko =20; /* vain funktioissa */
/* int taulu2[koko]; tässä laiton */
int foo(){
int taulu2[koko];
```

Siirrettävyys:

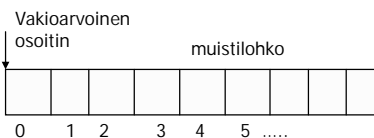
warning:
ISO C90 forbids
variable- size
array 'taulu '
(ISO C99 sallii
käytön, kuten
myös gcc)

C-ohjelmointi
Syksy 2007

3

Mikä taulukko on?

- n Taulukko on osoitin
 - n Vakioarvoinen eli osoittaa aina samaan paikkaan
 - n Osoittaa muistilohkoon, josta on varattu tilaa taulukon alkiuille



Muistilohkossa on tilaa taulukon koon ilmoittamalle määrälle taulukon tyypin kokoisia olioita

```
int luvut[20];
```

Tilaa 20 kokonaisluvulle
↑
luvut

```
char *nimet[5*10+1];
```

Tilaa 51; char-tyyppiselle osoittimelle
↑
nimet

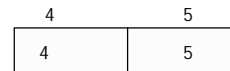
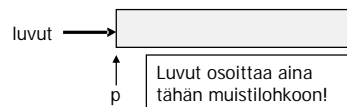
Viittaukset eri alkioihin: luvut[0], luvut[1], luvut[2] luvut [19]

HUOM! Ajoaikana järjestelmä ei tarkista indeksien oikeellisuutta. Viittaus luvut[20] ei välttämättä aiheuta suorituserhettä, vaan ohjelma vain toimii, miten sattuu toimimaan!

C-ohjelmointi
Syksy 2007

Yleisiä virheitä määrittelyssä ja käytössä

- n Taulukon koko ilmoitettava vakiona
 - n `int lkm=5; int taulu[lkm]; /*virheellinen */`
- n Taulukko on vakioarvoinen osoitin, jonka arvoa ei saa muuttaa
 - n `int luvut[20];`
 - n `char *p;`
 - n
 - n `luvut = p; /*ei näin*/`
 - n `p=luvut; /*ihän OK! Nyt p:kin osoittaa samaan */`
- n Varo sivuvaikutuksia
 - n `a[i] = i++; /* toiminta riippuu toteutuksesta! */`
 - n Kumpi tehdään ensin, kasvatus vai käyttö?
 - n ensin `a[i]` ja sitten vasta `i++`?
 - n vai ensin `i++` ja sitten `a[i]`?



Kumpi??

C-ohjelmointi
Syksy 2007

5

Taulukko-osoitin \circ tavallinen osoitin

- n `int luvut[20]`
 - n Vakio
 - n Osoittaa aina samaan tietyn kokoiseen muistialueeseen
 - n `sizeof(luvut)` on 20 kokonaisluvun tarvitsema tavumäärä eli koko taulukon koko

- n `int *osoitin`
 - n Muuttuja, joka voi osoittaa eri paikkoihin
 - n Mitään muistialuetta ei ole varattu
 - n `sizeof(osoitin)` on osoittimen tarvitsema tavumäärä

C-ohjelmointi
Syksy 2007

6

Kokojen tulostaminen

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
int main(int argc, char **argv) {
    int *taulu[20];
    int *s;
    printf("Taulukon 'taulu' koko: %d\n", sizeof(taulu) );
    printf("Osoittimen 's' koko: %d\n", sizeof(s));
    printf("Taulukon alkion koko: %d\n", sizeof(taulu[0]));
    printf("Taulukon alkioiden lukumäärä: %d\n",
           sizeof(taulu)/sizeof(taulu[0]));
    return 0;
}
```

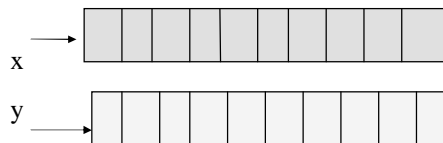
```
int *taulu[20]; int *s;
printf("Taulukon 'taulu' koko: %d\n", sizeof(taulu) ); /*=> 80 */
printf("Osoittimen 's' koko: %d\n", sizeof(s)) /* => 4 */
printf("Taulukon alkion koko: %d\n", sizeof(taulu[0])); /* => 4 */
printf("Taulukon alkioiden lukumäärä: %d\n", sizeof(taulu)/sizeof(taulu[0])); /* =>20*/
```

C-ohjelmointi
Syksy 2007

7

Taulukkojen vertailu: sama sisältö?

```
#define SIZE 10
int x[SIZE];
int y[SIZE];
```



```
int *px, *py;
for (px=x, py = y; px<x+SIZE; px++, py++)
if (*px!=*py) .....
```

Toimii vain jos
saman kokoisia!
Entä jos eivät ole?

```
for (px=x; px<x+SIZE; px++)
if (*px!=y[px-x]) .....
```

```
for (i=0; i<SIZE; i++)
if(x[i] != y[i]) ....
```

Entä vertailu X== Y??
Mitä tässä verrataan?

C-ohjelmointi
Syksy 2007

8

Taulukon alustaminen

n Taulukko alustetaan antamalla sen alkioiden arvot muodossa

`{a1, a2, ..., an}`

Taulukon nollaus:

`int taulu[10000]={0};`

Esim.

`int t[] = {1, 2, 3};`

1 2 3

Alkioiden lukumäärä määrää taulukon koon!

`int t[3] = {1, 2, 3};`

1 2 3

`int t[3] = {1, 2};`

1 2 0

Täytetään järjestyksessä. Loput nolliä.

~~`int t[3] = {1, 2, 3, 4};`~~

1 2 3

Kolmen alkion taulukossa ei ole tilaa arvolle '4' => virhe!!

C-ohjelmointi
Syksy 2007

9

Vakioksi määritelty taulukko

n `const int days[] = {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7}`

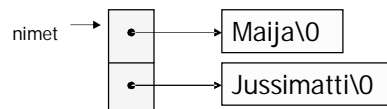
osoittimen days tyyppi: `const int * const`

n Merkkijonovakiot:

`char nimi[] = "Pekka";`

nimi
↓
Pekka\0

`char *nimet[] = {"Maija", "Jussimatti"};`



C-ohjelmointi
Syksy 2007

10

Taulukon kopiointi

n `for (i=0; i<SIZE; i++) x[i] = y[i];`

Oltava saman kokoisia!

Entä jos eivät ole?

```
kokox=sizeof(x);
kokoy = sizeof(y);
if (kokox < kokoy) koko = kokox;
else koko = kokoy;
for (i=0; i<koko; i++) x[i] = y[i];
```

`koko = kokox < kokoy ? kokox: kokoy;`

C-ohjelmointi
Syksy 2007

11

Taulukko parametrina

n funktion määrittelyssä voi käyttää:

```
int miniT(double arr[], int size);
```

```
int miniP(double *arr, int size);
```

n Funktion sisällä taulukkoparametreja käsitellään aina osoittimina

=> Taulukon kokoa ei voi kysyä näin!

`sizeof(arr) (= osoitinmuuttujan koko)`

C-ohjelmointi
Syksy 2007

12

Esimerkki:

`maxmin` palauttaa taulukon maksimi ja minimiarvon

```
int maxmin (double arr[], int size, double *max,
            double*min) {
    double *p;
    if (arr==NULL || size <= 0) return 0;
    for (*max=*min = arr[0], p = arr+1; p<arr + size; p++) {
        if(*max < *p) *max= *p;
        if (*min > *p) *min = *p;
    }
    return 1;
}
```

Kutsu: `maxmin(x, SIZE, &max, &min);`

Mitä tekee seuraava kutsu?
`maxmin(x+3, 5, &max, &min);`

Paikalliset static-taulukot

```
static char* opnimi(int n) {
    static char* operaattori [] =
        {"lvalue", "rvalue", "push", "+", "-"};
    return operaattori[n];
}
```

static => funktion
yksityinen ja
pysyvä taulukko

Varo
roikkumaan
jääviä
osoittimia!

```
char *setName (int i){
    char name1[] = "Maija";
    char name2[] = "Jussi";
    if (i=0) return name1;
    return name2;
}
```

Paikalliselle muuttujalle varataan
tilaa pinosta joka kutsukerralla
erikseen.

`char *p = setName(1);`
Osoitin `p` jää osoittamaan siihen
kohtaan pinoa, josta tällä kertaa
varattiin tilat, mutta joka
funktion suorituksen jälkeen
vapautettiin.

Mielivaltaisen pitkän rivin lukeminen

- n Varataan tarpeeksi suuri muistilohko ja toivotaan sen riittävän.
- n Varataan esim. 80 merkin muistilohko ja aina tarvittaessa kasvatetaan riville varatun muistilohkon pituutta (dynaaminen taulukko)
- n Käytetään rekursiivista funktiota: aina kun varattu (esim. 80 merkin) muistialue on täynnä ja rivi yhä jatkuu, niin funktio kutsuu itse itseään. Edellisen kutsun muistialue jää talteen pinnoon ja uusi suorituskerta varaa uuden muistialueen pinosta.

C-ohjelmointi
Syksy 2007

15

```
#define KOKO 80
int luerivi(File *in, char **tulos){
    char puskuri[KOKO];
    int c, i, base; /*luettu merkki, indeksimuuttuja, apumuuttuja */
    static int luettu = 0; /* tämän rivipätkän koko */
    for (i=0; i< KOKO; i++) {
        c = fgetc(in);
        if (c==EOF) { ... } /*virhetilanne */
        if (c== '\n') break; /*rivi loppui*/
        puskuri[i] = c; }
    luettu += i;
    if (c!='EOF' && c!='\n'){ /*vielä luettavaa */
        if (luerivi(in, tulos) == 0) { luettu=0; return 0; }
    } else { /* kaikki luettu */
        if ((*tulos = malloc((luettu+1) *sizeof(char))) == NULL) { luettu= 0; return 0; }
        (*tulos)[luettu]='\0'; /* NULL-merkki viimeiseksi */
    }
    base = luettu -i;
    memcpy(*tulos +base, puskuri, i)
    luettu -=i;
    return 1;
}
```

Esimerkki: mielivaltaisen pituisen rivin lukeminen rekursiivisesti

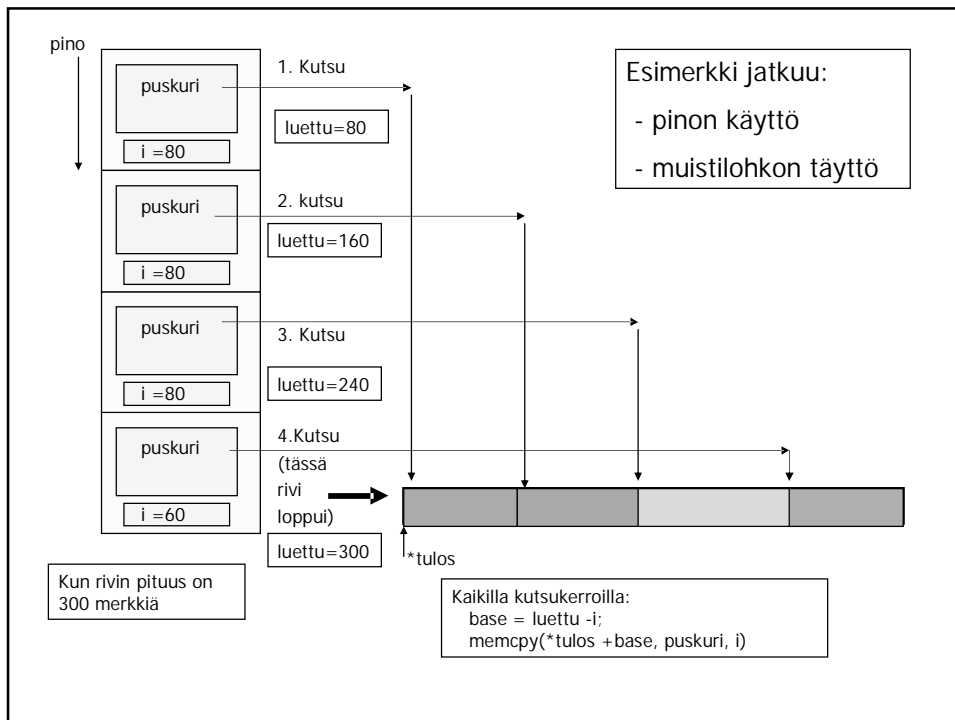
Luetaan korkeintaan 80 merkkiä puskuriin. Joka kutsukerralla eri puskuri, joka jää talteen pinnoon.

Rekursiivinen kutsu

Kukin kutsukerta kopioi lukemansa puskurin oikeaan paikkaan yhteistä muistitilaa.

Tämä suoritetaan vain kerran: kun viimeinen pätkä riviä on luettu!

Vertaa rekursiivinen kertoman laskeminen tito-kurssilla!



Moniulotteinen taulukko

C:n moniulotteiset taulukot ovat yksiulotteisia taulukoita, joiden alkiot ovat taulukoita

```
int t[3][2] = { {1,2}, {11,12}, {21,22} };
```

	0	1
0	1	2
1	11	12
2	21	22

```
for (i=0; i<3; i++) {
    for (j = 0; j<2; j++)
        printf ("t[%d][%d] = %d\t", i, j, t[i][j]);
    putchar('\n');
}
```

```
t[0][0] = 1    t[0][1] = 2
t[1][0] = 11   t[1][1] = 12
t[2][0] = 21   t[2][1] = 22
```

```
static char paivat [2][13] ={
    {0, 31, 28, 31, 30, 31,30,31, 30, 31,30, 31},
    {0, 31, 29, 31, 30, 31,30,31, 30, 31,30, 31}
};
```

```
lkm = paivat[karkaus][2];
```

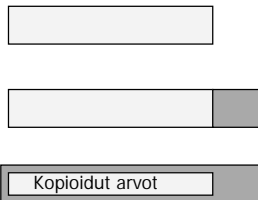
Kun karkaus ==0, niin lkm = 28,
kun karkaus ==1, niin lkm = 29

Dynaaminen taulukko

- n Käytetään dynaamista muistin varaamista (malloc, calloc)
- n Kun taulukolle varattu muistilohko on täynnä eikä siihen enää mahdu alkioita,
 - n Yritetään kasvattaa jo varattua muistilohkoa varaamalla lisää muistia heti sen perästä.
 - n Jos tämä ei onnistu, niin varataan jostain muualta muistista suurempi muistilohko, jonne kopioidaan pieneksi käyneen muistilohkon tiedot, ja vapautetaan tämän varaama muistitila.
 - n Voidaan käyttää funktiota realloc tai laatia itse funktio, joka varaa tarvittaessa muistia (malloc, calloc), suorittaa kopioinnin ja vapauttaa (free) turhaksi käyneen muistilohkon.

```
void* malloc (size_t koko);
void* calloc (size_t koko);
void free( void* pt);
void* realloc(void* pt, size_t koko);
```

void on geneerinen osoitintyyppi
"a pointer to something, but we don't know yet to what kind of thing"

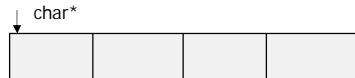


malloc-funktio (void* malloc (size_t sz);)

calloc-funktio (void* calloc(size_t n, size_t sz);)

n (char*) malloc(4*sizeof(char));

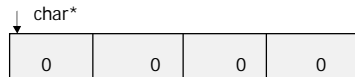
```
if((p = malloc(4 * sizeof(char))) == NULL) ..
```



Muistia ei ole alustettu, se sisältää mitä, siihen on sattunut jäämään.

n calloc(4, sizeof(char));

```
if((p = calloc(4, sizeof(char))) == NULL) ..
```



Muisti on nollattu.

Muistin vapauttaminen: free

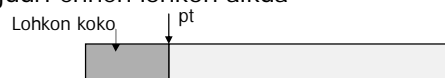
(void free(void* pt);)

n Vapauttaa osoittimen osoittaman muistilohkon

n Mistä se tietää lohkon koon?

n Lohkoa varattaessa (malloc, calloc) sen koko on talletettu muistiin juuri ennen lohkon alkua

'dangling pointer':
Jää osoittamaan poistettuun muistialueeseen.



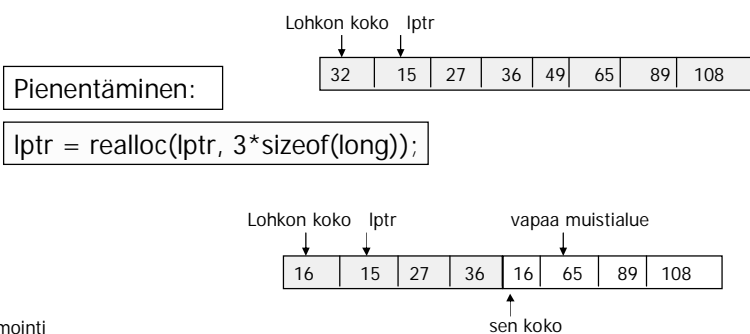
n Vain calloc:lla ja malloc:lla varattujen alueiden vapauttamiseen

n Vapauta kukin alue vain yhden kerran!

Taulukon koon muuttaminen:

`realloc` (`void*` `realloc(void* pt, size_t sz);`)

- n `malloc`- tai `calloc`-funktiolla varatun muistilohkon, esim. taulukon, kokoa voidaan sekä suurentaa että pienentää.

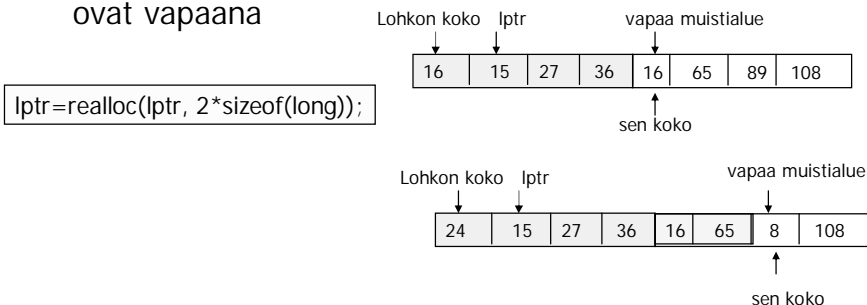


C-ohjelmointi
Syksy 2007

23

Varatun muistilohkon koon kasvattaminen `realloc`-funktiolla (1)

- n Käyttöjärjestelmä pitää kirjaa `malloc`:lla ja `calloc`:lla varattujen alueiden koosta ja tietää myös, mitkä alueet ovat vapaana



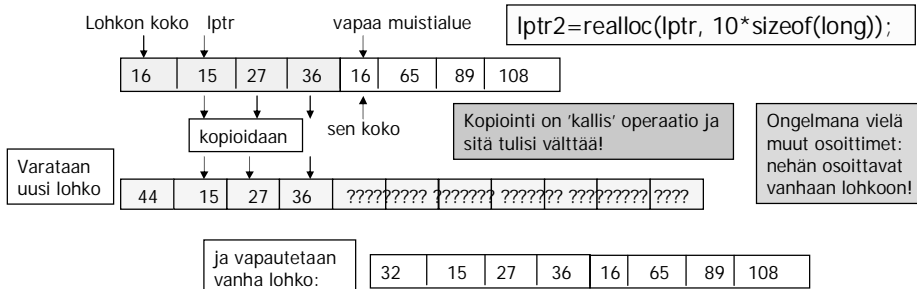
C-ohjelmointi
Syksy 2007

24

Varatun muistilohkon koon kasvattaminen realloc-funktiolla (1)

realloc onnistuu aina, kun vain jossain on vapaata muistia tarvittava määrä!

- Jos kasvatettavan lohkon perässä ei ole riittävästi vapaata tilaa, niin varataan muistista riittävän suuri vapaa tila, kopioidaan sinne taulukon alkiot ja vapautetaan taulukolle alun perin varattu tila.



C-ohjelmointi
Syksy 2007

25

Dynaamisen taulukon käyttö

Lajittelussa

```
printf(" Montako alkia lajitellaan?\n");
scanf("%i", &n);

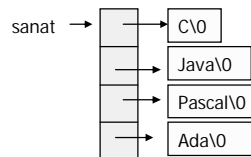
if ((alkiot = malloc(n * sizeof(float))) ==
    NULL) mallocerror();

read_file(alkiot, n); /*luetaan alkio*/
sort_data(alkiot, n);
```



Eri pituisten merkkijonojen (sanojen tai nimien) tallettaminen taulukkoon

```
scanf("%20s", buf); /*sanan lukeminen*/
len = strlen(buf); /*sanan pituus*/
if ((sanat[i] = malloc((len+1) *
    sizeof(char))) == NULL) mallocerror();
strcpy (sanat[i], buf);
```



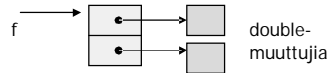
C-ohjelmointi
Syksy 2007

26

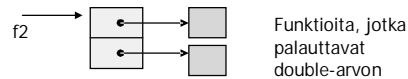
Monimutkaisia määritelmiä?

n [] -merkeillä korkeampi presedenssi kuin *-merkillä

`double *f[2];`



`double (*f2[2])()`



`double (*f3())[]`

f3 on funktio, joka palauttaa osoittimen double-taulukkoon.

`double *(f4[])()`

VIRHE! Ei voi olla funktiotaulukkoa!
Vain osoitteita funktioihin.

Binääritiedostot

- n Tiedon tiiviiseen tallettamiseen
- n Ei rivirakennetta => ei voida käsitellä standardeilla välineillä (esim. cat unix:ssa)
- n Eivät suoraan ihmisen luettavissa
- n Usein eivät ole siirrettäviä koneesta toiseen

```
fopen("tied1", "wb");  
fopen("tied2", "rb");
```

```
#include <stdio.h>
```

Operaatioita binääritiedostoille

- n hajasaantitiedostoja (random access)
- n Kun tiedosto on avattu, kahva osoittaa sen hetkiseen käsittelykohtaan
- n Operaatioita
 - n `long ftell(FILE *f)` palauttaa käsittelykohdan
 - n `int fseek(FILE *f, long offset, int mode)`
 - siirtää käsittelykohtaa siirtymän (offset) verran
 - mode kertoo mistä kohtaa siirto alkaa:
 - SEEK_SET tiedoston alusta
 - SEEK_CUR nykykohdasta
 - SEEK_END lopusta
 - n `rewind(FILE *f)` kelaat tiedoston alkuun

Esimerkki:

Annetun tiedoston koon selvittäminen

```
long fileSize (const char *filename) {  
    FILE *f;  
    long size;  
    if ((f = fopen(filename, "rb")) == NULL) return -1L;  
    if (fseek(f, 0L, SEEK_END) == 0) { /* OK! */  
        size = ftell(f);  
        if (fclose(f) == EOF) return -1L;  
        return size;  
    }  
    fclose(f);  
    return -1L;  
}
```

```
#include <stdio.h>
```

Binäärinen lukeminen ja kirjoittaminen

= oliolohkojen kirjoittaminen ja lukeminen

- n `size_t fread (void *buf, size_t elsize, size_t count, FILE *in);`
lukee tiedostosta in count:n ilmoittaman määrän oliolohkoja muistilohkoon, johon buf osoittaa. Oliolohkon koon ilmoittaa elsize.
Palauttaa luettujen objektien määrän. Virhetilanteessa palauttaa nollan.
- n `size_t fwrite (void *buf, size_t elsize, size_t count, FILE *out);`
Kirjoittaa tiedostoon out count:n ilmoittaman määrän oliolohkoja buf:n osoittamasta muistilohkosta. Oliolohkon koon ilmoittaa elsize.
- n Olettavat, että tiedosto on jo avattu oikeaa toimintaa (lukemista tai kirjoittamista) varten.

C-ohjelmointi
Syksy 2007

31

Tekstitiedostosta binääritiedostoon ja binääritiedostosta tekstiedostoon

- n Teksti => binääri
 - n `while (fscanf(in, "%lf", &d) ==1) if (fwrite (&d, sizeof(double), 1, out) !=1) {error; return}`
- n Binääri => teksti
 - n `while(fread(&d, sizeof(double), 1, in) ==1) {`
 - `i++;`
 - `if (i== Max) {`
 - `putchar('\n');`
 - `i = 0;`
 - `}`
 - `fprintf(out, "%f\t", d);`
 - `.....`
 - `}`

C-ohjelmointi
Syksy 2007

32