



# C-ohjelmointi

## Luento 6: tietueet ja joukot

26.9.2006

1

# Sisältö

- n Tietueet (struct)
  - n Määrittely
  - n Rakenne
  - n Käyttö
- n Lueteltu tyyppi (enum)
- n Union
  - n Määrittely
  - n Rakenne
  - n Käyttö
- n Linkitetty lista



2

## Tietueet (struct)

- n Tietueessa voi olla vain datakenttiä (vrt. luokka)
  - n Tietueen kentät voivat olla keskenään erilaisia.
  - n Kenttiä ei voi piilottaa, vaan ne kaikki näkyvät (vrt. *public*).
- n Ajatellaan hetkinen Javan luokkatoteutusta Pikkuvarasto (A.Wiklan Java-kurssi). Tällä luokalla on metodi `vieVarastoon`.
  - n Metodikutsu `x.vieVarastoon(y)` koskettaa kahta oliota:
    - n "This" , tässä x ja
    - n y, joka välitettiin parametrina
- n C:ssä voi vastaavaa toimintaa jäljitellä, mutta tuo "this" on välitettävä funktiolle parametrina, joten C:ssä vastaava funktio olisi muotoa `vieVarastoon(x,y)`;

3

## Tietue - Määrittely

```
struct info {  
    char firstName[20];  
    char lastName[20];  
    int age;  
};  
struct info i1, i2;
```

```
typedef struct InfoT {  
    char firstName[20];  
    char lastName[20];  
    int age;  
} InfoT;  
InfoT p1;
```

Suosittelavin tapa

- n Tietueen kenttiin viitataan muodolla `nimi.kenttänimi`:
  - n `p1.age = 18;`
  - n `printf("%s\n", i2.firstName);`

```
struct info {  
    char firstName[20];  
    char lastName[20];  
    int age;  
} k1, k2;
```

4

## Tietue - Rakenne

- n Tietueelle varataan yhtenäinen muistialue.
- n Kuitenkin muistialueen koko voi olla eri kuin kenttien yhteenlasketut koot, koska viittausten yksinkertaistamiseksi kenttien välejä saatetaan jättää käyttämättä.
- n Esim:  
`sizeof(InfoT) >= 40*sizeof(char)+sizeof(int)`

5

## Tietue - Käyttö

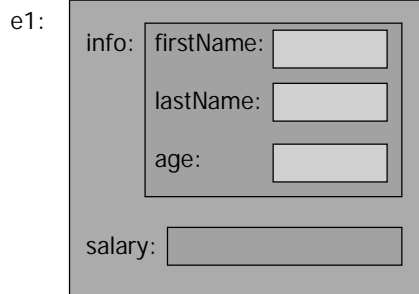
- n `InfoT i1, i2;`
- n Tietueen sijoittaminen toiselle `i1 = i2`  
kopioi tietueen sisällön bitti kerrallaan täsmälleen samanlaisena, mutta ei seuraa kentissä mahdollisesti olevia osoittimia.
- n Tietueita EI voi verrata suoraan: `i1 == i2`
- n vaan vertailu on tehtävä itse:  

```
strcmp(i1.firstName, i2.firstName) == 0 &&  
strcmp(i1.lastName, i2.lastName) == 0 &&  
i1.age == i2.age
```

6

## Sisäkkäiset tietueet

n Tietueen kenttinä voi olla myös tietueita



```
e1.info.age = 21;
e1.salary = 125.6;
```

```
typedef struct {
    char firstName[20];
    char lastName[20];
    int age;
} InfoT;
typedef struct {
    InfoT info;
    double salary;
} EmployeeT;
EmployeeT e1;
```

7

## Osoitin tietueeseen

n Tietueita käsitellään usein osoitinmuuttujan kautta: (\*p).x tai p->x

```
typedef struct pair {
    double x;
    double y;
} PairT, *PairTP;
PairT x;
PairTP p;
```

```
PairT w;
PairTP q;
PairTP p = &w;
```

```
if((q = malloc(sizeof(PairT))) == NULL) ...
if((q = malloc(sizeof(struct pair))) == NULL) ...
w.x = 2;
p->x = 1;      (*p).x = 1;      *p.x = 1;
q->y = 3.5;
```

8

## Tietueet ja funktiot: tietue viiteparametrina

```
void constructorP(PairTP this,  
                 double x, double y) {  
    this->x = x;  
    this->y = y;  
}  
  
PairT w;  
PairTP p;  
  
constructorP(&w, 1, 2);  
  
if((p = malloc(sizeof(PairT))) == NULL)  
    error;  
constructorP(p, 1, 2);
```

Funktio saa osoittimen  
Kutsujan aiemmin  
varaaman tietueen  
muistialueeseen.

9

## Tietueet ja funktiot: tietue paluuarvona

n Funktio voi palauttaa kokonaisen tietueen.  
Silloin kutsujan on tehtävä palautetusta  
tietueesta kopio, koska alkuperäinen  
vapautuu pinosta funktiosta palattua.

```
PairT constructorFunc(double x, double y) {  
    PairT p;  
    p.x = x;  
    p.y = y;  
    return p;  
}  
PairT w = constructorFunc(1, 2.2); /* kopio */
```

Pinossa palautettu  
tietue on kopioitava heti  
talteen.

10

## Tietueet ja funktiot: osoitin paluuarvona

- n Funktio varaa tilan tietueelle, jolloin kutsujan vastuulle jää vapauttaa tuo varattu tila.

```
PairTP constructor(double x, double y) {  
    /* client responsible for deallocation */  
    PairTP p;  
    if((p = malloc(sizeof(PairT))) == NULL)  
        return NULL;  
    p->x = x;  
    p->y = y;  
    return p;  
}  
PairTP p1 = constructor(1, 2);  
free(p1);
```

Funktio varaa tilan tietueelle  
Ja palauttaa osoittimen siihen  
Kutsuja vapauttaa tilan  
myöhemmin.

11

## Tietueet ja funktiot: osoitin paluuarvona

- n Käyttö toisen funktion parametrina:

```
int compare(const PairTP p, const PairTP q)  
{  
    return p->x == q->x && p->y == q->y;  
}  
PairTP p2 = constructor(1, 3);  
PairTP p3 = constructor(2, 6);  
int i = compare(p3, p2);  
free(p2); free (p3);
```

- n Vältä muistivuotoa!

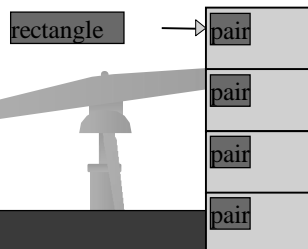
```
i = compare(p1, constructor(3.5, 7));
```

Tässä kadotetaan  
osoitin tietueeseen,  
joten muisti jää  
vapauttamatta

## Muistilohko tietueista

- n Muistilohkon käsittely ei riipu lohkon alkioiden tyyppistä.
- n Tietueen omiin alkioihin viittaus kuten itsenäisissäkin tietueissa.

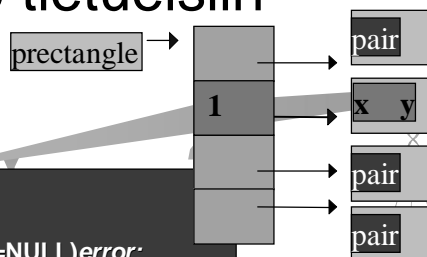
```
PairTP rectangle;  
PairTP aux;  
double x, y;  
  
if((rectangle= malloc(4*sizeof(PairT)))==NULL)error;  
for(aux = rectangle; aux < rectangle + 4; aux++) {  
    printf("Enter two double values:");  
    if(scanf("%lf%lf", &x, &y) != 2) /* error */  
        break;  
    constructorP(aux, x, y);  
}
```



## Osoitinlohko tietueisiin

- n Mahdolliset viittaustavat:
  - n `prectangle[1][0].x`
  - n `prectangle[1]->x`
  - n `(prectangle+1)->x`

```
int i;  
PairTP *prectangle;  
if((prectangle= malloc(4*sizeof(PairTP)))==NULL)error;  
for(i = 0; i < 4; i++) {  
    printf("Enter two double values:");  
    if(scanf("%lf%lf", &x, &y) != 2)  
        error;  
    if((prectangle[i] = constructor(x, y))  
        == NULL)  
        error;  
}  
for(i = 0; i < 4; i++)  
    printf("vertex %d = (%f %f)\n", i,  
        prectangle[i][0].x, prectangle[i][0].y);
```



14

## Lueteltu tyyppi (enum)

- n Luetellun tyyppin määrittelemät järjestetyt vakiot vastaavat järjestyksessä kokonaislukuja 0,1,2 jne.
- n Numeroinnin voi myös aloittaa haluamastaan arvosta

```
typedef enum opcodes {
    lvalue, rvalue,
    push, plus
} OpcodesT;

enum opcodes e;
OpcodesT f;

int i = (int)rvalue; /*i=1*/
```

```
enum opcodes {
    lvalue = 1, rvalue,
    push, plus
};

enum opcodes e = lvalue;
if(e == push) ...

int i = (int)rvalue; /*i=2*/
```

15

## Lueteltu tyyppi funktion paluarvona

- n Lueteltua tyyppiä voi käyttää virhetiedon käsittelyssä
- n Virheilmoitustekstit kootaan taulukkoon, jota indeksoidaan luetellun tyyppin alkioita vastaavilla kokonaislukuarvoilla

```
typedef enum {
    FOPEN, FCLOSE, FOK
} FoperT;

#define TOINT(f) ((int)(f))

char *Messages[] = {
    "File can not be opened",
    "File can not be closed",
    "Successful operation",
    "This can not happen"
};
```

```
FoperT process();

printf("result of calling process() is %s\n",
    Messages[TOINT(process())]);
```

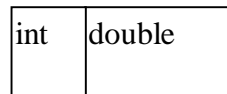
16



# Union

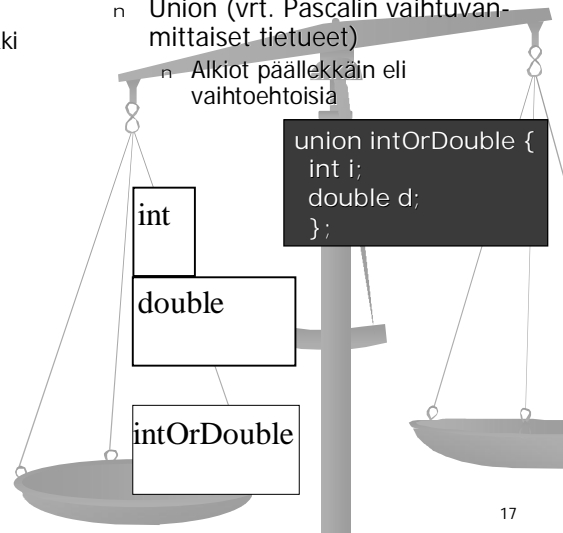
- n Tietue
  - n Alkiot peräkkäin eli kaikki käytettävissä

```
struct intAndDouble {  
    int i;  
    double d;  
};
```



- n Union (vrt. Pascalin vaihtuvamittaiset tietueet)
  - n Alkiot päällekkäin eli vaihtoehtoisia

```
union intOrDouble {  
    int i;  
    double d;  
};
```



17

# Union - Käyttö

- n Käyttö yleensä tietueen osana
- n Tietueessa kenttä (tag), joka kertoo miten union-rakenne pitää tulkita
- n Käytetään paljon tietoliikenneprotokollissa säästämässä tilaa
- n Kenttiin viitataan samalla pistenotaatiolla kuin tietueidenkin kenttiin

```
typedef enum {  
    integer, real  
} TagTypeT;
```

```
typedef struct {  
    TagTypeT tag;  
    union {  
        int i;  
        double d;  
    } value;  
} TaggedValueT;  
TaggedValueT v;
```

```
if(v.tag == integer)  
    ...v.value.i...;  
else  
    ...v.value.d...;
```

18

# Linkitetty tietorakenteet

- n Abstraktit tietorakenteet
  - n Käsitelty Tietorakenteiden kurssilla
  - n Kannattaa kerrata kaikki rakenteet sieltä
- n Pino : operaatiot push, pop ja empty
- n Jono: operaatiot enqueue, dequeue ja empty
- n Linkitetty lista – rakenteesta päätettävä
  - n Yhteen suuntaan vai kahteen suuntaan
  - n Rengas vai ei
  - n Tunnussolmu vai ei
  - n Järjestetty vai järjestämätön
  - n Alkiot erilaisia vai sallitaan myös samanlaiset alkiot

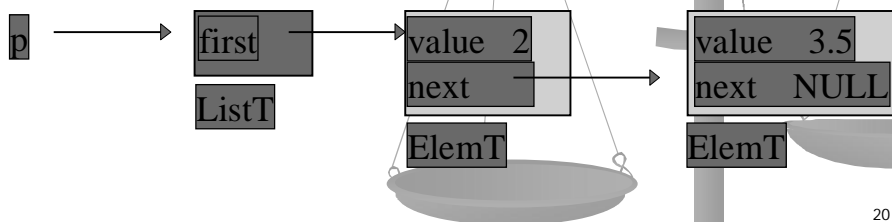
19

# Linkitetty lista - Määrittely

- n Tunnussolmullinen yhteensuuntaan linkitetty
- n NULL arvoa käytetään aina listan lopun osoittamiseen
- n Huomaa seuraavaan alkioon osoittavan kentän next määrittely!

```
typedef double DataType;  
typedef struct elem {  
    DataType value;  
    struct elem *next;  
} ElemT, *ElemTP;
```

```
typedef struct {  
    ElemTP first;  
} ListT, *ListTP;  
ListTP p;
```



20

## Linkitetty lista – Tunnussolmun luonti ja poisto

### n Listan luonti

- n Tehdään vain tunnussolmu ja asetetaan linkit

```
ListTP construct(void) {
    ListTP p;
    if((p = malloc(sizeof(ListT))
        == NULL)
        return NULL;
    p->first = NULL;
    return p;
}
```

### n Listan poistaminen

- n Alkioiden poistoon oma funktio
- n Tässä vain tunnussolmun tilan vapautus

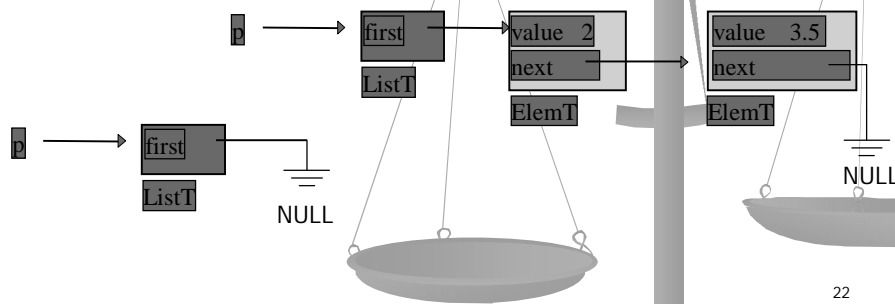
```
void destruct(ListTP *this) {
    clear(*this); /* alkiot pois */
    free(*this);
    *this = NULL;
}
```

21

## Linkitetty lista - Käyttö

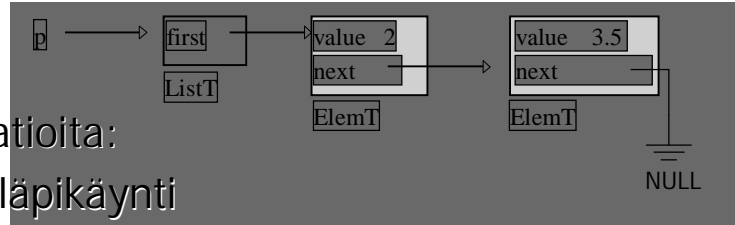
### n Kaikkien listaa käsittelevien toimintojen täytyy säilyttää seuraavat *invariantit*:

- n Tyhjälle listalle pätee **p->first** on **NULL**.
- n Epätyhjälle listalle pätee, että viimeisen alkion next- kentän arvo on **NULL**.



22

## Linkitetty lista - Käyttö



n Operaatioita:

n Listan läpikäynti

n Aina linkien kulkusuuntaan

n Lista lisääminen

n Alkuun, loppuun, keskelle

n Listasta poistaminen

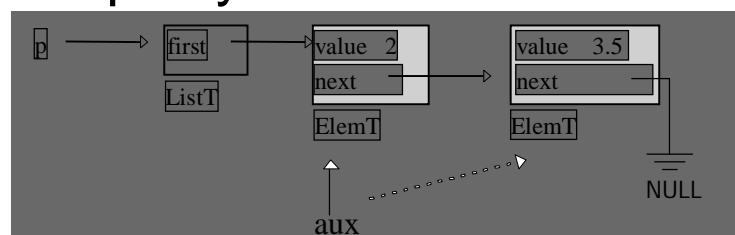
n Alusta, lopusta, keskeltä

23

idioms



## Listan läpikäynti

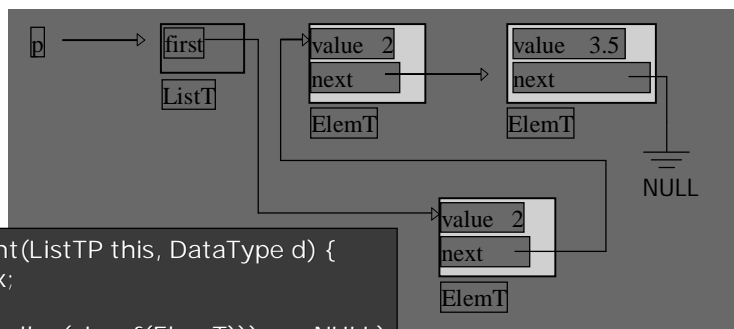


```
void printAll(const ListTP this) {  
    ElemTP aux;  
    for(aux=this->first; aux!=NULL; aux=aux->next)  
        printf("%f\n", aux->value);  
}
```

```
/* pidetään aux ´edellisessä´ alkiossa */  
If ((p->first != NULL) && (p->first->next !=NULL))  
    for(aux = p->first; aux->next->next != NULL;  
        aux = aux->next)...
```

24

## Lisäys listan alkuun



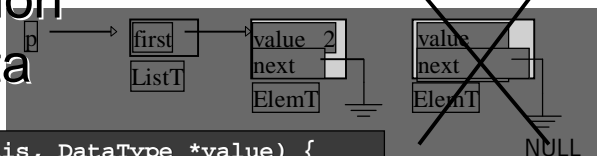
```
int insertFront(ListTP this, DataType d) {
    ElemTP aux;

    if((aux = malloc(sizeof(ElemT))) == NULL)
        return 0;

    aux->next = this->first; /* save state */
    aux->value = d;
    this->first = aux;
    return 1;
}
```

25

## Viimeisen alkion poisto listasta



```
int deleteLast(ListTP this, DataType *value) {
    ElemTP aux;

    if(this->first == NULL) /* empty list */
        return 0;
    if(this->first->next == NULL) { /* single */
        *value = this->first->value;
        free(this->first);
        this->first = NULL;
        return 1;
    }
    for(aux = this->first; aux->next->next != NULL;
        aux = aux->next)
        ; /* aux viimeistä edelliseen */
    *value = aux->next->value;
    free(aux->next);
    aux->next = NULL;
    return 1;
}
```

26

## Koko listan tuhoaminen

- n Tuhotaan alkio kerrallaan
- n edetään lista alusta loppuun

```
int deleteFirst(ListTP this) {
    ElemTP aux = this->first;
    if(aux == NULL) /* empty list */
        return 0;
    this->first = aux->next;
    free(aux);
    return 1;
}
void clear(ListTP this) {
    while(deleteFirst(this))
        ;
    this->first = NULL;
}
```

27

## Moduuli List

- n Tehdään oma käännoyksikkö (moduuli), joka sisältää listan määrittelyt ja käsittelyfunktiot
- n Tässä tehtävällä moduulilla on seuraavat piirteet
  - n Moduuli pystyy käsittelemään useita eri listoja
  - n Moduuli käsittelee void-tyypistä dataa, joten eri listoihin voi sijoittaa eri tyyppistä tietoa
  - n Listan sisäinen toteutus ei näy käyttäjälle
  - n Listan käyttäjä vastaa datan rakenteesta ja käsittelystä
- n Tyypin määrittelyt:
  - n ListItem ja List
- n Funktiot:
  - n CreateList, CreateItem, AddTail, AddHead, ListLength, DeleteList, PrintList, EmptyList

Lähde: Jan Lindströmin verkkomoniste

## Moduulin tarjoama rajapinta: list.h

```
#ifndef MY_LIST_LIBRARY
#define MY_LIST_LIBRARY
/* Määritellään listatyypit */
typedef struct listitem {
    struct listitem *Next; /* Seuraava alkio listassa */
    struct listitem *Prev; /* Edellinen alkio listassa */
    void *Data; /* Tietoalkio */
    unsigned long Size; /* Tietoalkion koko */
} ListItem;
typedef struct {
    ListItem *Head; /* Listan alku */
    ListItem *Tail; /* Listan loppu */
    unsigned long Items; /* Listan alkioden lkm */
} List;
```

29

## List.h jatkuu

```
/* Listakirjaston tukemat funktiot */
extern List *CreateList(void); /* Luo uusi lista */
extern ListItem *CreateItem(void *Data,
    unsigned long Size); /* Luo lista-alkio */
extern int AddTail(List *,ListItem *);
    /* Lisää listan loppuun */
extern int AddHead(List *,ListItem *);
    /* Lisää listan alkuun */
extern unsigned long ListLength(List *);
    /* Laske listan pituus */
extern void DeleteList(List *); /* Tuhoa lista */
extern void PrintList(List *);
    /* Tulosta listan sisältö */
extern int EmptyList(List *);
    /* Tarkista onko lista tyhjä */
#endif
```

30

## List.c : CreateList

```
/*  
  Varataan muistia uudelle listalle ja alustetaan kentät  
*/  
List *CreateList(void)  
{  
    List *uusi;  
  
    if(!(uusi = (List *)malloc(sizeof(List))))  
        return NULL;  
  
    uusi->Head = NULL;  
    uusi->Tail = NULL;  
    uusi->Items = 0;  
  
    return uusi;  
}
```

31

## List.c: CreateItem

```
/* Varataan muistia uudelle listan alkiolle  
ja alustetaan kentät */  
ListItem *CreateItem(void *Data,unsigned long size)  
{  
    ListItem *uusi;  
    /* Jos järkevää dataa ei ole annettu poistu */  
    if (Data == NULL)  
        return NULL;  
    if(!(uusi = (ListItem *)malloc(sizeof(ListItem))))  
        return NULL;  
    if(!(uusi->Data = (void *)malloc(size)))  
        return NULL;  
    uusi->Next = NULL;  
    uusi->Prev = NULL;  
    memcpy(uusi->Data,Data,size);  
    uusi->Size = size;  
    return uusi;  
}
```



## List.c: AddTail

```
/* Lisätään alkio listan loppuun */
extern int AddTail(List *lista, ListItem *item)
{
    if (lista == NULL || item == NULL )
        return 1;
    if ( lista->Head == NULL)
        lista->Head = lista->Tail = item;
    else
    {
        lista->Tail->Next = item;
        item->Prev = lista->Tail;
        lista->Tail = item;
    }
    lista->Items++;
    return 0;
}
```

33

## List.c: AddHead

```
/* Lisätään alkio listan alkuun */
extern int AddHead(List *lista, ListItem *item)
{
    if (lista == NULL || item == NULL )
        return 1;
    if ( lista->Head == NULL)
        lista->Head = lista->Tail = item;
    else
    {
        lista->Head->Prev = item;
        item->Next = lista->Head;
        lista->Head = item;
    }
    lista->Items++;
    return 0;
}
```

34

## List.c: ListLength ja EmptyList

```
/*  
'Lasketaan' listan pituus  
*/  
unsigned long ListLength(List *lista)  
{  
    if ( lista == NULL )  
        return 0;  
    else  
        return lista->Items;  
}
```

```
/*  
Tarkista onko lista tyhjä  
*/  
int EmptyList(List *lista)  
{  
    if ( lista == NULL )  
        return 1;  
    else if ( lista->Head == NULL )  
        return 1;  
    else  
        return 0;  
}
```

35

## List.c: DeleteList

```
/* Tuhotaan koko lista */  
void DeleteList(List *lista)  
{  
    ListItem *tmp;  
    if ( lista == NULL )  
        return;  
  
    tmp = lista->Head;  
    while(tmp != NULL)  
    {  
        tmp = lista->Head->Next;  
        free(lista->Head->Data);  
        free(lista->Head);  
        lista->Head = tmp;  
    }  
    free(lista);  
}
```

36

## List.c: PrintList

```
/* Tulostetaan koko lista */  
  
void PrintList(List *lista)  
{  
    ListItem *tmp = lista->Head;  
  
    printf("|");  
  
    while(tmp != NULL)  
    {  
        printf("%s|", (char *)tmp->Data);  
        tmp = tmp->Next;  
    }  
    printf("|-\n");  
}
```

Tässä oletetaan, että listassa on merkkijonoja. Parempi ratkaisu olisi käyttää funktioparametria data-alkioiden käsittelyyn. Käyttäjä joutuisi silloin itse ohjelmoimaan alkoiden käsittelyn, mutta listan käyttöalue kasvaisi.

37

## Harjoitustyö

- n Käytettävät piirteet:
  - n Linkitetty tietorakenne osoittimilla (pino, lista, puu, hajautustaulu, ...)
  - n Tiedosto (tekstitiedosto tai binääritiedosto)
  - n Komentoriviparametrit (jos ei muuta järkevää, niin ainakin -h opastus)
  - n Funktioita parametreineen mielekkäästi
- n Käännyttävä laitoksen Linux-ympäristössä gcc:n parametreilla -ansi -pedantic ja -Wall ilman varoituksia
- n Vähintään kaksi käännoyksikköä ja make
- n Koodi dokumentoitava järkevästi
- n Erillinen lyhyt rakennedokumentti ja käyttöohje

38

## Aiheet

1. Sanalaskuri
2. Kaupan kassan simulointi
3. Lennon varausjärjestelmä
4. Työntekijärekisteri
5. Ravintolan simulointi
6. Sukupuu
7. Kokkaavan ystävän apu
8. Rastilla käyneet suunnistajat

39

## Aiheen valinta

- n Valitse aihe pe 5.10 mennessä
- n Valinnan voi kertoa sähköpostilla:  
[Paivi.Kuuppelomaki@cs.helsinki.fi](mailto:Paivi.Kuuppelomaki@cs.helsinki.fi)
- n Tai lokakuun ensimmäisen viikon luennoilla tai harjoituksissa.
- n Omista (varsinkin simulointityyppisistä) aiheista voi neuvotella luennoijan kanssa

40