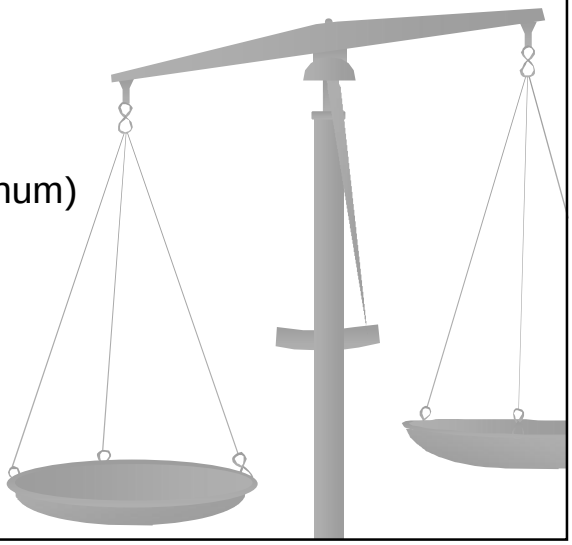
C-ohjelmointi
Luento 6: tietueet ja joukot

22.9.2006

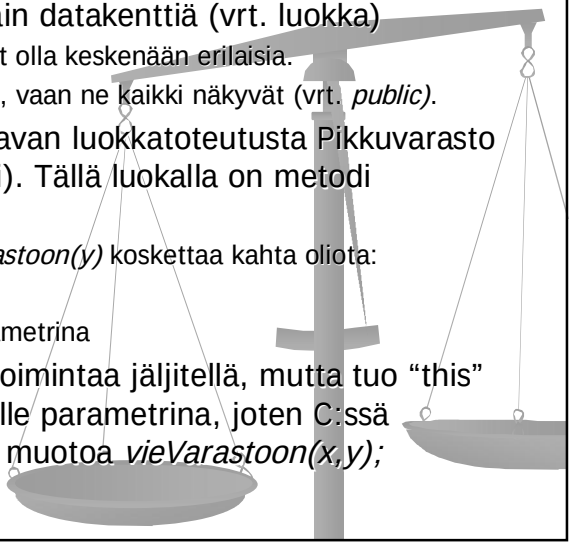
Sisältö

- Tietueet (struct)
  - Määrittely
  - Rakenne
  - Käyttö
- Lueteltu tyyppi (enum)
- Joukot (union)
  - Määrittely
  - Rakenne
  - Käyttö
- Linkitetty lista



Tietueet (struct)

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



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;
```

Suositeltavin tapa

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

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

Tietue - Rakenne

- Tietueelle varataan yhtenäinen muistialue.
- Kuitenkin muistialueen koko voi olla eri kuin kenttien yhteenlasketut koot, koska viittausten yksinkertaistamiseksi kenttien välejä saatetaan jättää käyttämättä.
- Esim:

  sizeof(InfoT) >= 40*sizeof(char)+sizeof(int)

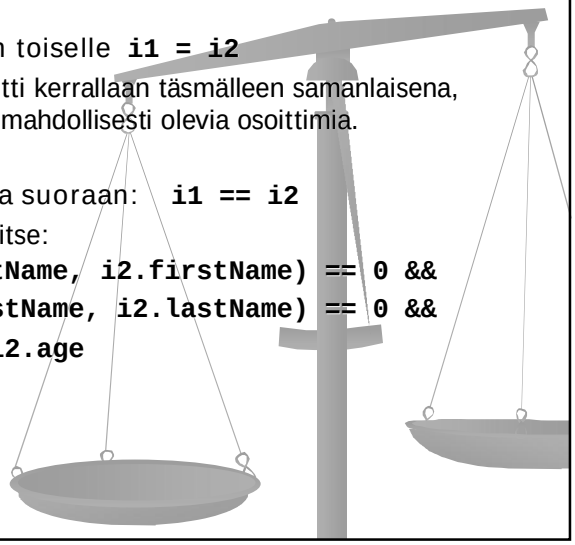
Tietue - Käyttö

- **InfoT i1, i2;**
- Tietueen sijoittaminen toiselle **i1 = i2**

  kopioi tietueen sisällön bitti kerrallaan täsmälleen samanlaisena, mutta ei seuraa kentissä mahdollisesti olevia osoittimia.

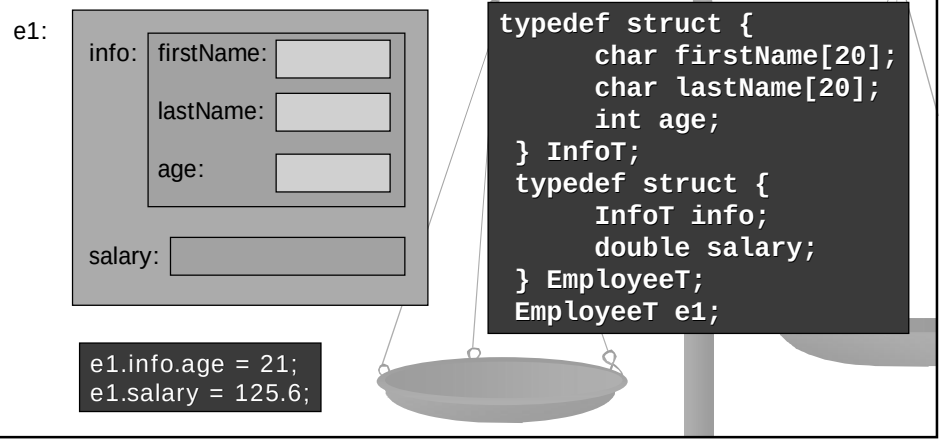
- Tietueita EI voi verrata suoraan: **i1 == i2**
- vaan vertailu on tehtävä itse:

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



Sisäkkäiset tietueet

- Tietueen kenttinä voi olla myös tietueita




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

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

Osoitin tietueeseen

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

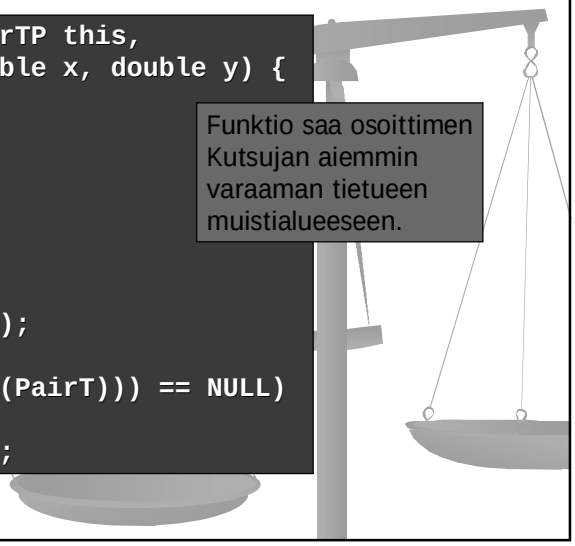
```
typedef struct pair {
      double x;
      double y;
 } PairT, *PairTP;
 PairT x;
 PairTP p;
```

```
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;
```

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.

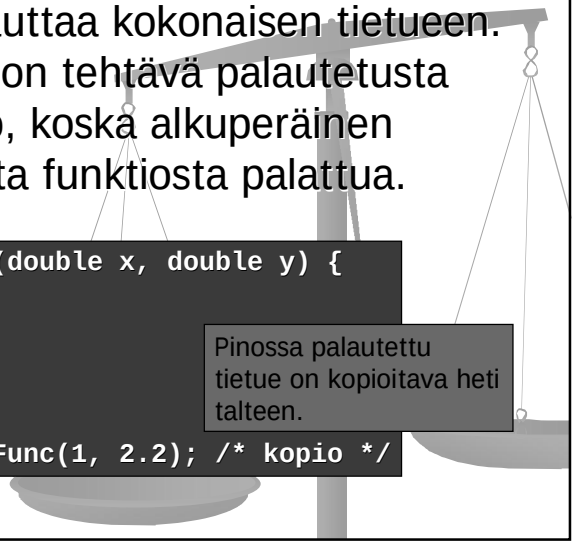


Tietueet ja funktiot: tietue paluuarvona

- 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.

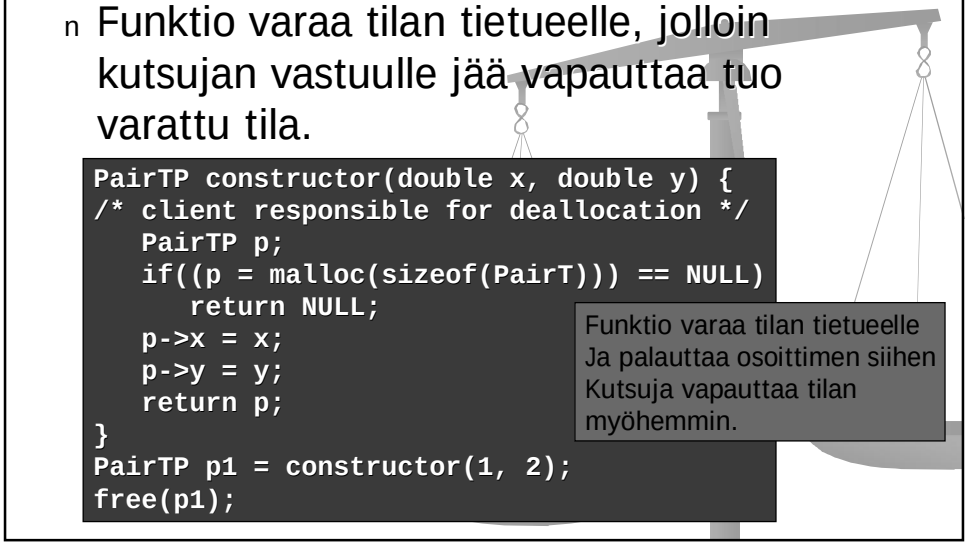


Tietueet ja funktiot: osoitin paluuarvona

- 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.



Tietueet ja funktiot: osoitin paluuarvona

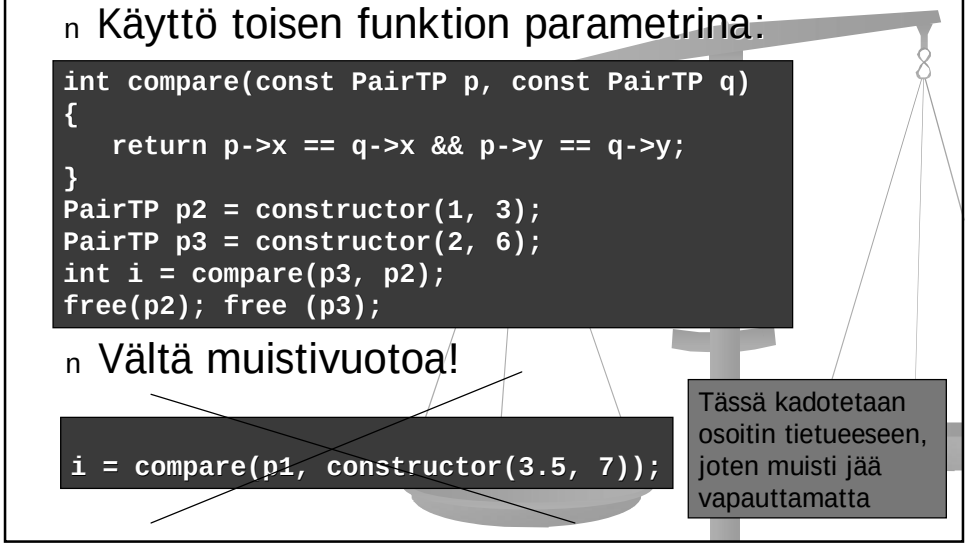
- Käyttö toisen funktion parametrina:

```
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);
```

- Vältä muistivuotoa!

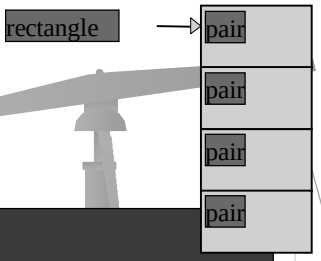
```
i = compare(p1, constructor(3.5, 7));
```

Tässä kadotetaan
osoitin tietueeseen,
joten muisti jää
vapauttamatta



Muistilohko tietueista

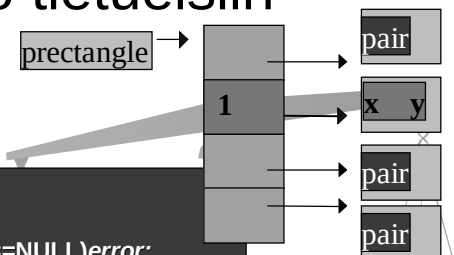
- Muistilohkon käsittely ei riipu lohkon alkioiden tyypistä.
- Tietueen omiin alkioihin viittaus kuten itsenäisissäkin tietueissa.




```
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

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



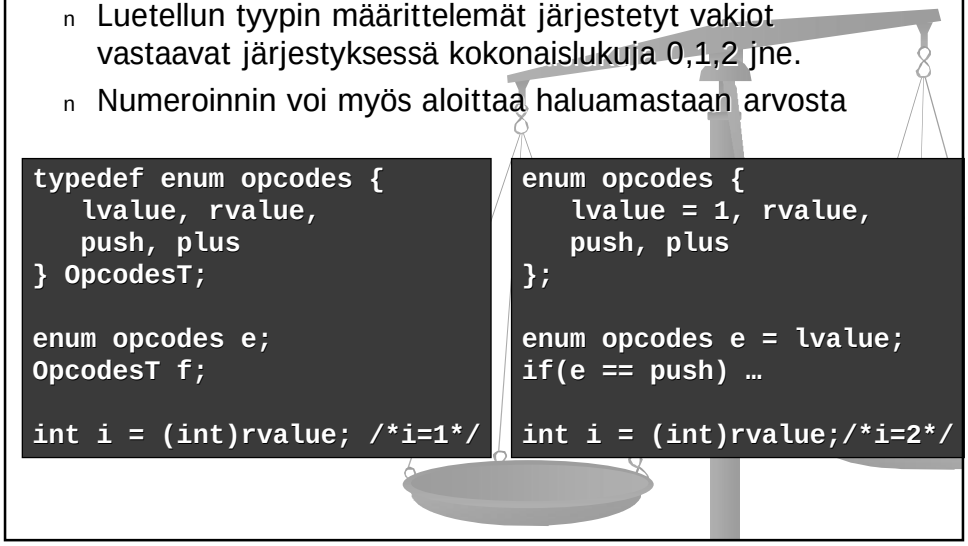

```
int i;
PairTP *prectangle;
if((prectangle= malloc(4*sizeof(PairTP)))==NULL)error;
for(i = 0; i < 4; i++) {
   printf("Enter two double values:");
   if(scanf("%lf%lf", &x, &y) != 2)
      error;
   if((prectangle[i] = constructor(x, y))
       == NULL)
      error;
}
for(i = 0; i < 4; i++)
  printf("vertex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

Lueteltu tyyppi (enum)

- Luetellun tyypin määrittelemät järjestetyt vakiot vastaavat järjestyksessä kokonaislukuja 0,1,2 jne.
- 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*/
```

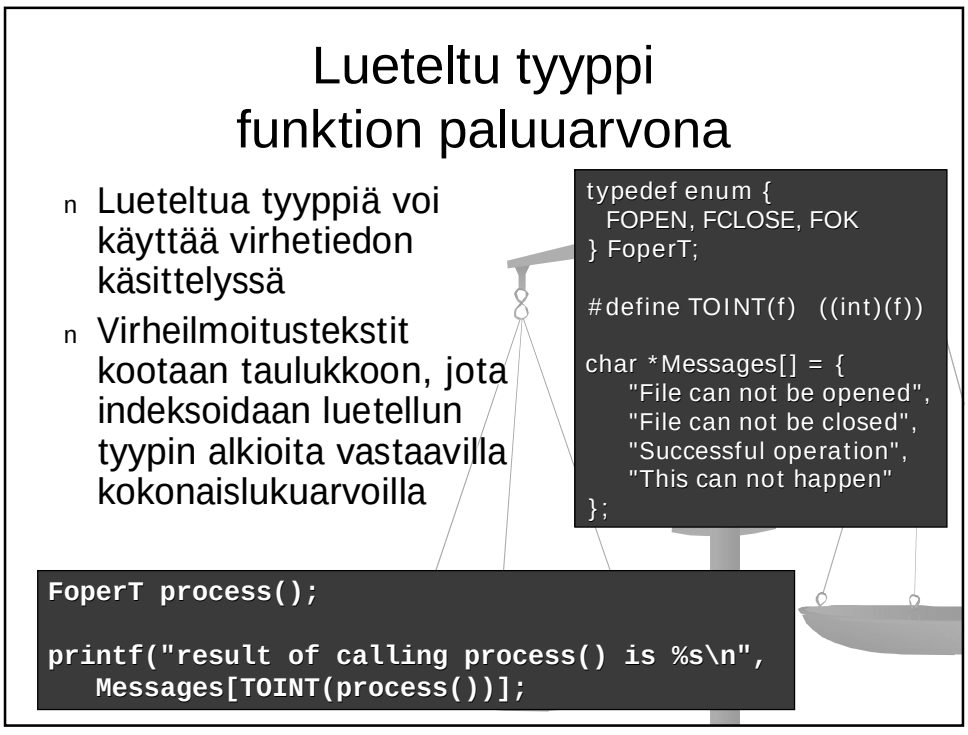


Lueteltu tyyppi funktion paluuarvona

- Lueteltua tyyppiä voi käyttää virhetiedon käsittelyssä
- Virheilmoitustekstit kootaan taulukkoon, jota indeksoidaan luetellun tyypin 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"
};
```

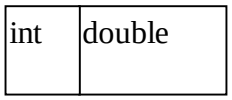
```
FoperT process();

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



Joukot (union)

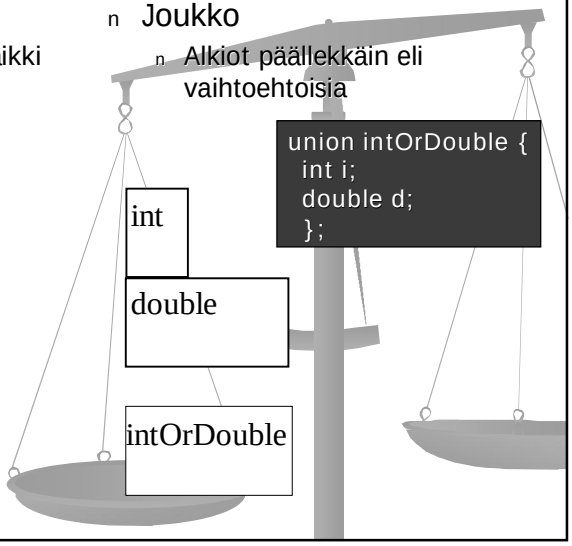
- Tietue
  - Alkiot peräkkäin eli kaikki käytettävissä

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



- Joukko
  - Alkiot päällekkäin eli vaihtoehtoisia

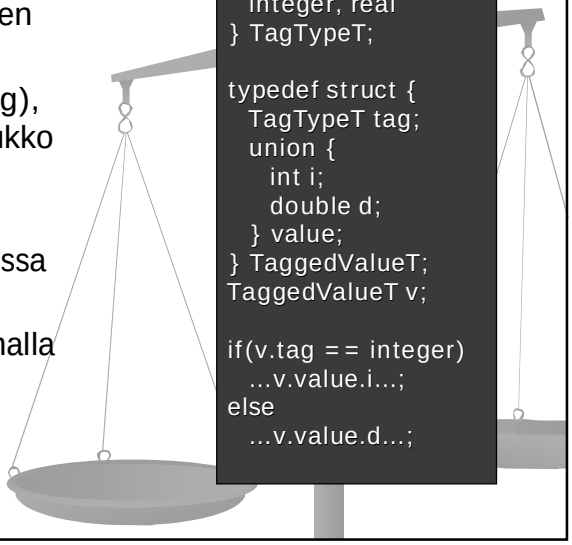
```
union intOrDouble {
  int i;
  double d;
  };
```



Joukko - Käyttö

- Käyttö yleensä tietueen osana
- Tietueessa kenttä (tag), joka kertoo miten joukko pitää tulkita
- Käytetään paljon tietoliikenneprotokollissa säästämässä tilaa
- 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...;
```



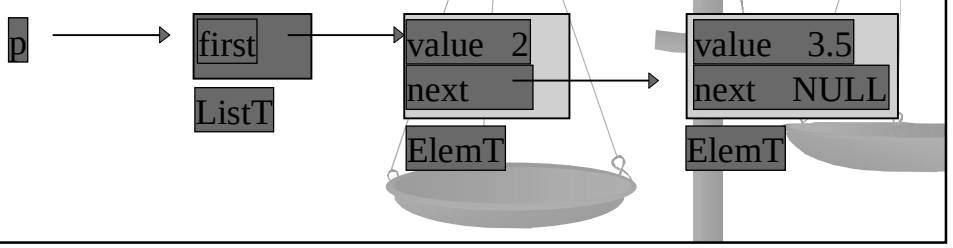
Linkitetyt tietorakenteet

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

Linkitetty lista - Määrittely

- Tunnussolmullinen yhteensuuntaan linkitetty
- NULL arvoa käytetään aina listan lopun osoittamiseen
- 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;
```



Linkitetty lista – Tunnussolmun luonti ja poisto

- Listan luonti
  - Tehdään vain tunnussolmu ja asetetaan linkit

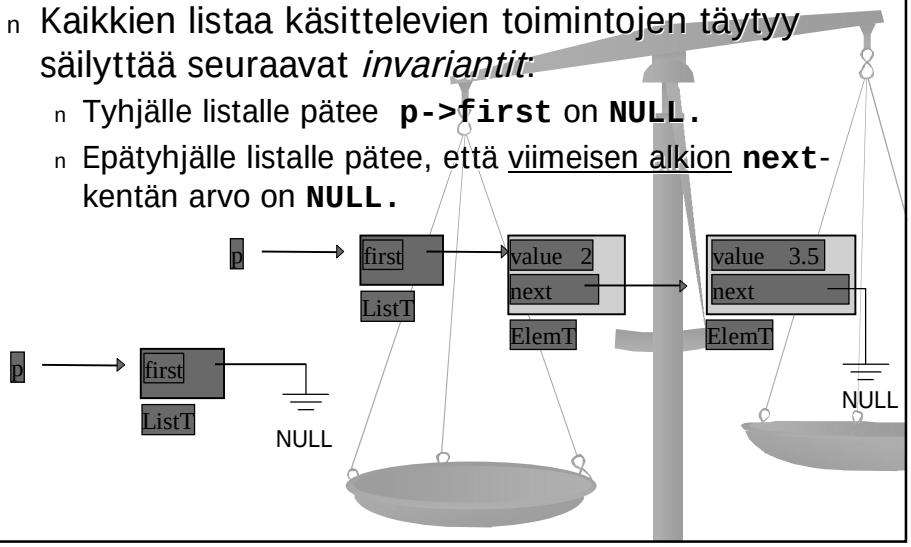
```
ListTP construct(void) {
   ListTP p;
   if((p = malloc(sizeof(ListT)))
       == NULL)
      return NULL;
   p->first = NULL;
   return p;
}
```

- Listan poistaminen
  - Alkioiden poistoon oma funktio
  - Tässä vain tunnussolmun tilan vapautus

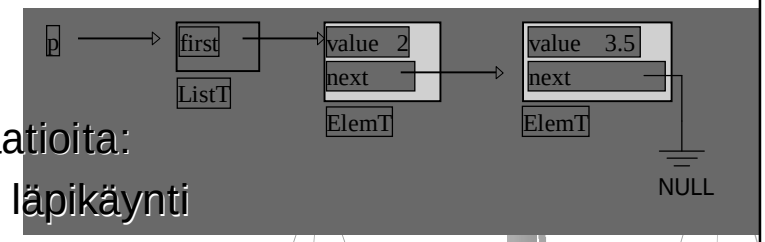
```
void destruct(ListTP *this) {
   clear(*this); /* alkiot pois */
   free(*this);
   *this = NULL;
}
```

Linkitetty lista - Käyttö

- Kaikkien listaa käsittelevien toimintojen täytyy säilyttää seuraavat *invariantit*:
  - Tyhjälle listalle pätee **`p->first`** on **`NULL.`**
  - Epätyhjälle listalle pätee, että viimeisen alkion **`next`**-kentän arvo on **`NULL.`**



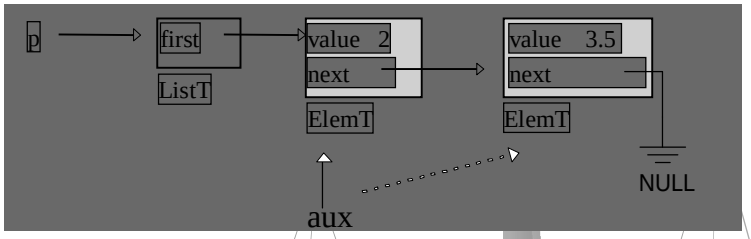
Linkitetty lista - Käyttö



- Operaatioita:
- Listan läpikäynti
  - Aina linkien kulkusuuntaan
- Listaan lisääminen
  - Alkuun, loppuun, keskelle
- Listasta poistaminen
  - Alusta, lopusta, keskeltä

Listan läpikäynti

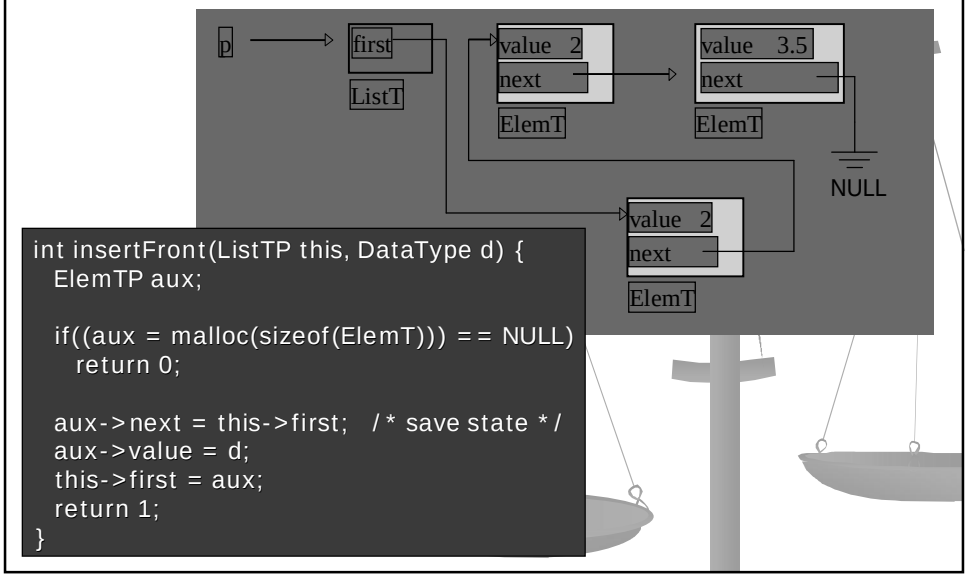
Idioms




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

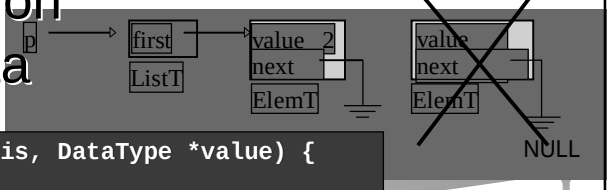
```
/* pidetään aux ´edellisessä´ alkiossa */
If ((p->first != NULL) && (p->first->next !=NULL))
  for(aux = p->first; aux->next->next != NULL;
     aux = aux->next)...
```

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;
}
```

Viimeisen alkion poisto listasta

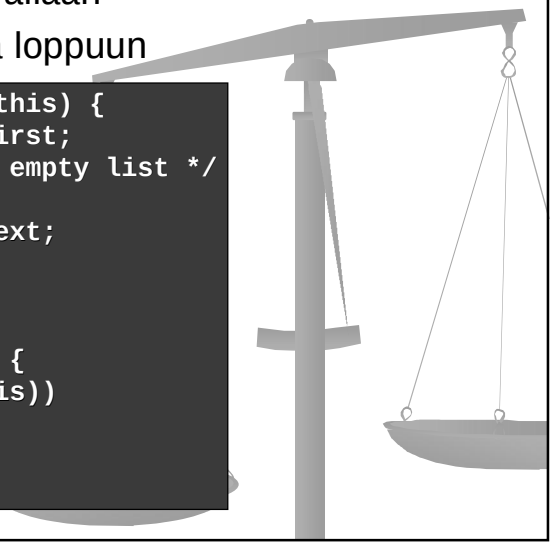



```
int deleteLast(ListTP this, DataType *value) {
   ElemTP aux;

   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;
}
```

Koko listan tuhoaminen

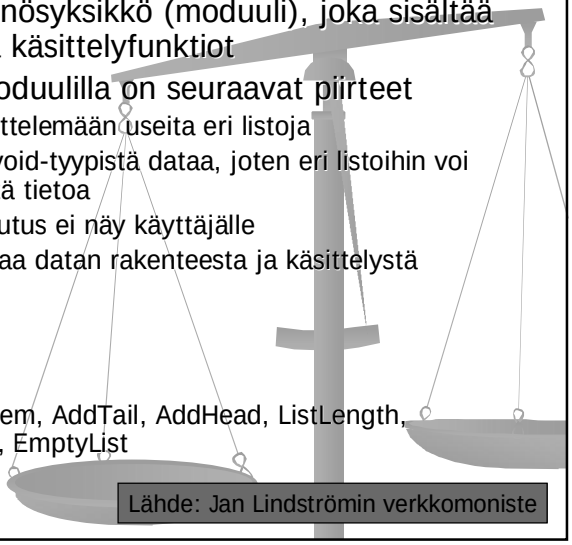
- Tuhotaan alkio kerrallaan
- edetään lista alusta loppuun

```
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;
}
```



Moduuli `List`

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



Lähde: Jan Lindströmin verkkomoniste

Moduulin tarjoama rajapinta: `list.h`

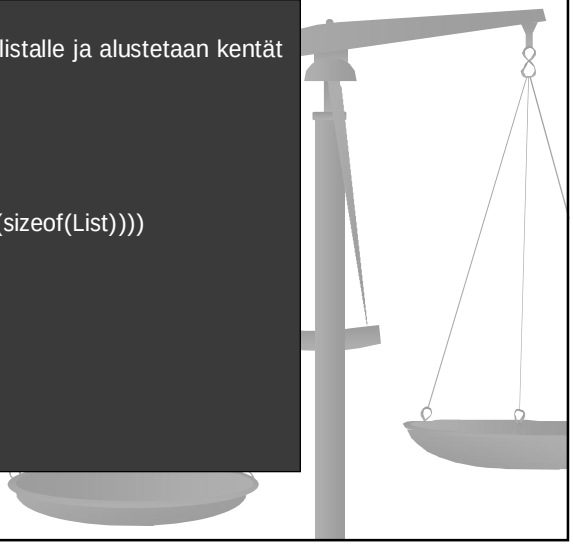
```
#ifndef MY_LIST_LIBRARY
#define MY_LIST_LIBRARY
/* Määritellään listatyypit */
typedef struct listitem {
struct listitem *Next; /* Seuraava alkio listassa */
struct listitem *Prev; /* Edellinen alkio listassa */
void *Data; /* Tietoalkio */
unsigned long Size; /* Tietoalkion koko */
} ListItem;
typedef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

`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
```

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;
}
```

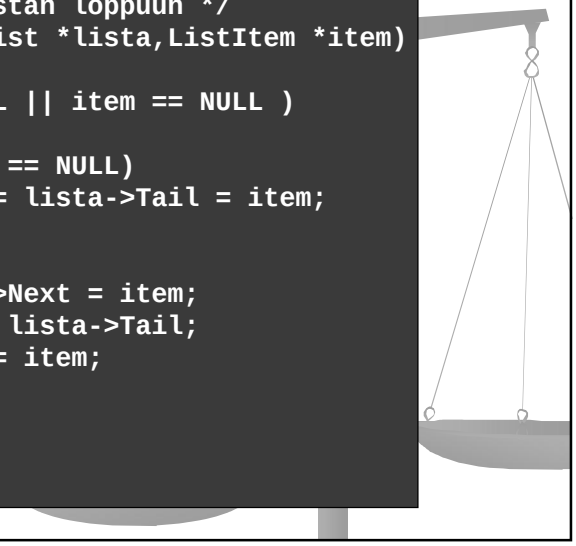


List.c: CreateItem

```
/* 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;
}
```

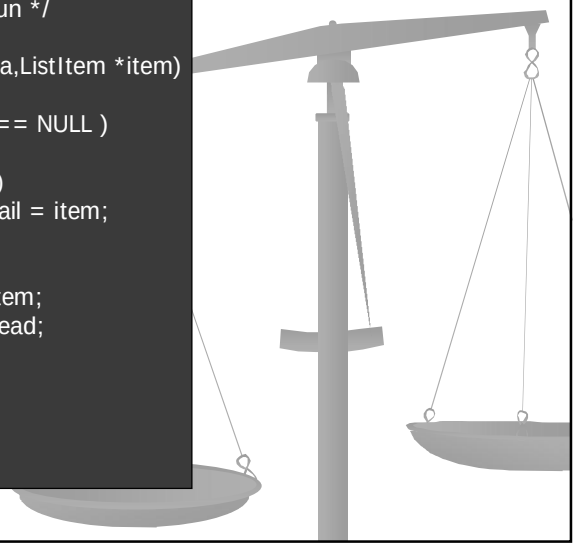
List.c: AddTail

```
/* 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;
}
```



List.c: AddHead

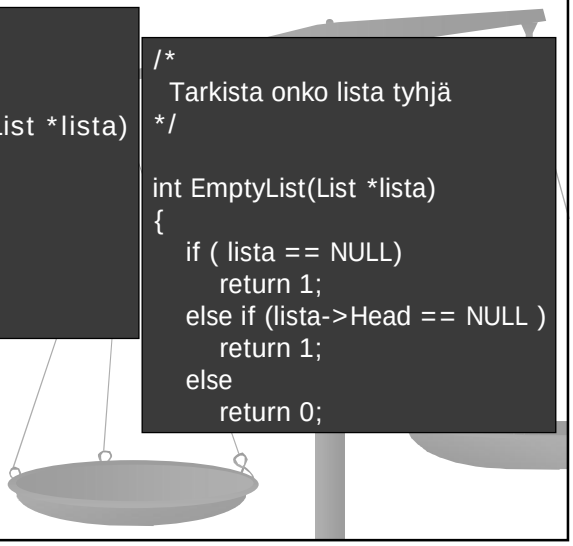
```
/*  Lisätään alkio listan alkuun */

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;
}
```



List.c: ListLength ja EmptyList

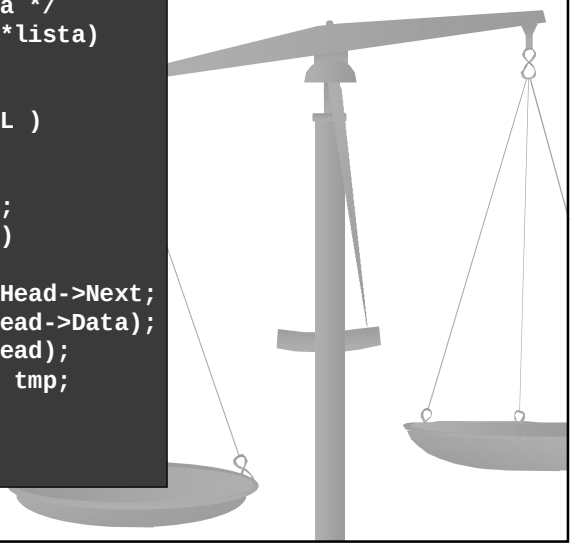
```
/*
 'Lasketaan' listan pituus
*/
unsigned long ListLength(List *lista)
{
   if ( lista == NULL )
      return 0;
   else
      return lista->Items;
}
```

```
/*
  Tarkista onko lista tyhjä
*/

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



List.c:DeleteList

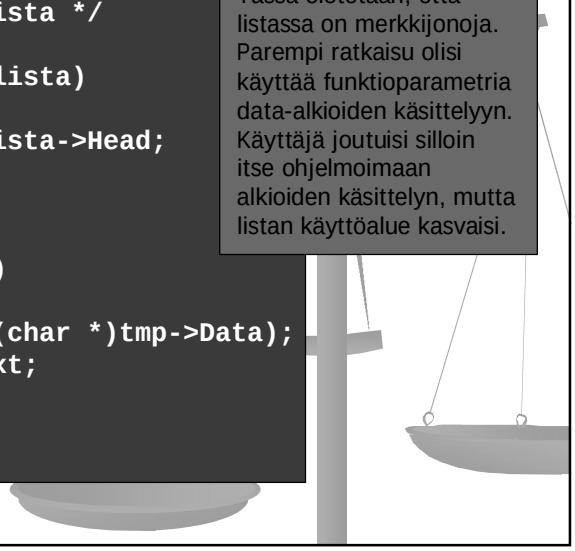
```
/* Tuhotaan koko lista */
void DeleteList(List *lista)
{
    ListItem *tmp;
    if ( lista == NULL )
        return;

    tmp = lista->Head;
    while(tmp != NULL)
    {
        tmp = lista->Head->Next;
        free(lista->Head->Data);
        free(lista->Head);
        lista->Head = tmp;
    }
    free(lista);
}
```



List.c: PrintList

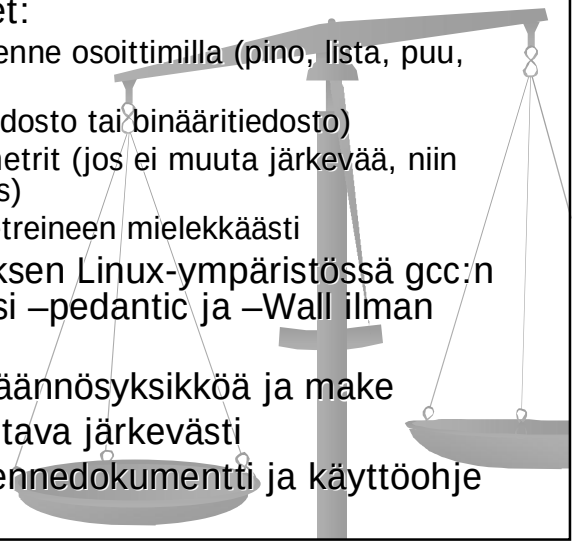
```
/* Tulostetaan koko lista */

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 alkioiden käsittelyn, mutta listan käyttöalue kasvaisi.



Harjoitustyö

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



Aiheet

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

Aiheen valinta

- Valitse aihe pe 6.10 mennessä
- Valinnan voi kertoa sähköpostilla: Paivi.Kuuppelomaki@cs.helsinki.fi
- Tai lokakuun ensimmäisen viikon luennoilla tai harjoituksissa.
- Omista (varsinkin simulointityyppisistä) aiheista voi neuvotella luennoijan kanssa