Προγραμματισμός Ι (ΗΥ120)

Διάλεξη 14: Δυναμική Μνήμη

Χρήστος Δ. Αντωνόπουλος
28/11/2016

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δυναμική μνήμη προγράμματος

- Πολλές φορές, δεν γνωρίζουμε εκ των προτέρων πόση μνήμη θα χρειαστεί το πρόγραμμα μας.
  - Αν δεσμεύσουμε περισσότερη μνήμη από αυτή που θα χρειαστεί, καταναλώνουμε άσκοπα πόρους του Η/Υ
  - Διαφορετικά περιορίζουμε την λειτουργικότητα του προγράμματος μας.
- Εκτός από την στατική (καθολική) μνήμη (και την στοίβα), υπάρχει και η **δυναμική** μνήμη.
  - Ο προγραμματιστής μπορεί να **δεσμεύσει** και να **αποδεσμεύσει** δυναμική μνήμη **κατά την διάρκεια της εκτέλεσης**, ανάλογα με τις (μεταβαλλόμενες) τρέχουσες απαιτήσεις του προγράμματος.

Κύριες συναρτήσεις

- **`void *malloc(size_t n)`**

  δέσμευση ενός συνεχόμενου τμήματος μνήμης και επιστροφή διεύθυνσης της αρχής του τμήματος (αν δεν υπάρχει αρκετή μνήμη, επιστρέφεται `NULL`)

- **`void free(void *adr)`**

  αποδέσμευση της περιοχής μνήμης που αρχίζει στη διεύθυνση που δίνεται

- **`void *realloc(void *adr, size_t n)`**

  αναπροσαρμογή μεγέθους του τμήματος μνήμης (με πιθανή αντιγραφή των περιεχομένων) η διεύθυνση του οποίου δίνεται σαν παράμετρος, και επιστροφή διεύθυνσης της αρχής του (νέου) τμήματος (αν δεν υπάρχει αρκετή μνήμη, επιστρέφεται `NULL`)

Σχετικές συναρτήσεις και βιβλιοθήκες


```
#include <stdlib.h>

void *malloc(size_t size);
void *calloc(size_t n, size_t size);
void *realloc(void *p, size_t size);
void free(void *p);
```

```
#include <string.h>

void *memcpy(void *dst, const void *src, size_t n);
void *memset(void *p, int c, size_t n);
int memcmp(const void *p1, const void *p2, size_t n);

char *strdup(const char *s);
```

Χρήση δυναμικής μνήμης

- Οι ρουτίνες διαχείρισης δυναμικής μνήμης δεν γνωρίζουν **τίποτα** σχετικά με τους τύπους των δεδομένων που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα.
- **Η διεύθυνση που επιστρέφεται χρησιμοποιείται με αποκλειστική ευθύνη του προγραμματιστή.**
- Κλασική χρήση: δέσμευση χώρου που αντιστοιχεί στο **μέγεθος** ενός αντικειμένου **τύπου Τ** και ανάθεση της διεύθυνσης (με type casting) σε μια μεταβλητή τύπου **δείκτη-σε-Τ** για ελεγχόμενη πρόσβαση στην μνήμη.
- Ο προγραμματιστής είναι υπεύθυνος για την **αποδέσμευση** δυναμικής μνήμης που δεν χρησιμοποιεί το πρόγραμμα
  - Διαφορετικά υπάρχει περίπτωση τερματισμού λόγω μη επάρκειας μνήμης.

Έλεγχος τιμής που επιστρέφεται

- Οι `malloc` και `realloc` επιστρέφουν `NULL` αν δεν μπορεί να δεσμευτεί όση μνήμη ζητήθηκε.
  - Η τιμή επιστροφής πρέπει να ελέγχεται
    - Αυτό δεν γίνεται (κακώς) σε κάποια παραδείγματα των διαφανειών για οικονομία χώρου.
  - Διαφορετικά, αν η τιμή `NULL` ανατεθεί σε δείκτη, η επόμενη αναφορά στη μνήμη μέσω του δείκτη θα οδηγήσει σε τερματισμό του προγράμματος.
    - **Πρόβλημα 1:** μπορεί να μην επιθυμούμε ένα τέτοιο «απότομο» τερματισμό (π.χ. χάσιμο δεδομένων).
    - **Πρόβλημα 2:** δεν γνωρίζουμε σε ποιο σημείο του προγράμματος έγινε αυτή η αναφορά.

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

int main(int argc, char *argv[]) {
  int a,b,*sum;

  scanf("%d %d",&a,&b);

  sum = (int *) malloc( sizeof(int) );

  if (sum == NULL) {
    printf("no memory\n");
    return(1);
  }

  *sum = a+b;

  printf("%d\n",*sum);
  free(sum);
  return(0);
}
```

δέσμευση μνήμης από `sizeof(int)` bytes

type cast σε δείκτη-σε-ακέραιο

αποδέσμευση μνήμης

Μονιμότητα δυναμικής μνήμης

- Η δυναμική μνήμη είναι **μόνιμη**, δηλαδή υφίσταται καθ' όλη τη διάρκεια της εκτέλεσης του προγράμματος.
  - Δυναμική μνήμη που δεσμεύεται μέσα από μια συνάρτηση **παραμένει** εν ισχύ μετά την κλήση της.
  - Άλλος ένας τρόπος **επιστροφής αποτελεσμάτων** στο περιβάλλον κλήσης μιας συνάρτησης.
    - Η συνάρτηση δεσμεύει δυναμική μνήμη όπου αποθηκεύει τα δεδομένα που επιθυμεί να επιστρέψει.
    - Η συνάρτηση επιστρέφει σαν αποτέλεσμα την διεύθυνση του μπλοκ της μνήμης.
    - Το περιβάλλον κλήσης χρησιμοποιεί τη διεύθυνση όπως απαιτείται – ανάθεση σε κατάλληλη μεταβλητή δείκτη, αποδέσμευση μετά την χρήση, κλπ.


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

int *add(int a, int b) {
  int *sum = (int *)malloc(sizeof(int));
  *sum = a + b;
  return(sum);
}

int main(int argc, char *argv[]) {
  int a, b, *sum;

  scanf("%d %d", &a, &b);

  sum = add(a, b);

  printf("%d\n", *sum);
  free(sum);
  return(0);
}
```

```
#include <stdio.h>

int *add(int a, int b) {
  int sum;
  sum = a + b;
  return(&sum); /* αυτό είναι λάθος ! */
}

int f(int a, int b) {
  int sum = 0;
}

int main(int argc, char *argv[]) {
  int a, b, *sum;

  scanf("%d %d",&a, &b);

  sum = add(a, b);

  f(a, b);
  printf("%d\n", *sum);
  return(0);
}
```

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

char *strAppend(const char *s1, const char *s2) {
  int i,j,len1,len2; char *s3;

  len1 = strlen(s1);
  len2 = strlen(s2);
  s3=(char *)malloc((len1+len2+1)*sizeof(char));
  strcpy(s3, s1);
  strcat(s3, s2);

  return(s3);
}

int main(int argc, char *argv[]) {
  char s1[64],s2[64],*s3;

  scanf("%63s %63s",s1,s2);
  s3=strAppend(s1,s2);
  printf("%s plus %s is %s\n",s1,s2,s3);
  free(s3);
  return(0);
}
```

Δυναμικοί πίνακες

- Με χρήση δυναμικής μνήμης μπορεί να υλοποιηθούν **δυναμικοί** πίνακες, το μέγεθος των οποίων ορίζεται (αλλάζει) **κατά την διάρκεια** της εκτέλεσης.

  1. Δεσμεύεται με `malloc` ή `realloc` δυναμική μνήμη μεγέθους `n*sizeof(T)`, και η διεύθυνση που επιστρέφεται αποθηκεύεται σε μεταβλητή δείκτη σε Τ.
  2. Αν το `n` αποδειχθεί μικρό ή μεγάλο, χρησιμοποιείται η **`realloc`** για την επέκταση / αποκοπή του πίνακα.
  3. Όταν ο πίνακας δεν χρειάζεται, αποδεσμεύεται η μνήμη που χρησιμοποιείται με την `free`.


```
#include <stdlib.h>
char *t;
int tlen;

void init_array() {
  t=NULL;
  tlen=0;
}

void trim_array(int len) {
  t=(char*)realloc(t, len*sizeof(char));
  tlen=len;
}

void write_array(int pos, char v) {
  if (pos >= tlen)
    trim_array(pos+1);
  t[pos]=v;
}

char read_array(int pos) {
  return(t[pos]);
}

void destroy_array() {  /* Do not forget to free */
  trim_array(0);
  t=NULL;
}
```


```
#include <stdlib.h>
void **t;
int tlen;

void init_array() {
  t=NULL;
  tlen=0;
}

void trim_array(int len) {
  t=(void**)realloc(t, len*sizeof(void*));
  tlen=len;
}

void write_array(int pos, void *v) {
  if (pos >= tlen)
    trim_array(pos+1);
  t[pos]=v;
}

void *read_array(int pos) {
  return(t[pos]);
}

void destroy_array() { /* Do not forget to free any */
  trim_array(0);       /* dynamically allocated     */
  t=NULL;              /* elements pointed to by the*/
}                      /* array before destroying it*/
```

```
int main(int argc, char *argv[]) {
  char s[256],*p; int i;

  init_array(); i = 0;

  do {
    scanf("%255s",s);
    write_array(i,(void*)strdup(s));
    i++;
  } while (strcmp(s,"end"));

  for (--i; i>=0; i--) {
    p = (char*)read_array(i);
    printf("%s\n",p);
    free(p);
  }

  destroy_array();
  return(0);
}
```

δημιουργεί αντίγραφο του αλφαριθμητικού (σε δυναμική μνήμη)

type cast (από `char *` που επιστρέφεται) σε `void *` που αναμένει η συνάρτηση `write`

type cast (από `void *` που επιστρέφεται) σε `char *` που είναι ο τύπος της `p`

ελευθερώνει τη (δυναμική) μνήμη που δεσμεύτηκε

Δυναμική δέσμευση δομών δεδομένων

- Με χρήση δυναμικής μνήμης μπορεί να δεσμευτούν χώροι μνήμης για την αποθήκευση `struct/union` κατά την διάρκεια της εκτέλεσης του προγράμματος.
  - Η δέσμευση και αποδέσμευση δυναμικής μνήμης ακολουθεί τους ίδιους κανόνες που ισχύουν και για τους βασικούς τύπους δεδομένων.
  - Κατά την δέσμευση πρέπει να δίνεται το επιθυμητό μέγεθος, μέσω `sizeof`, και η δεσμευμένη μνήμη πρέπει να αποδεσμεύεται όταν δεν είναι αναγκαία.
- Πρόσβαση στην δυναμικά δεσμευμένη μνήμη γίνεται μέσω μεταβλητών δεικτών που πρέπει να αρχικοποιούνται κατάλληλα.

Παρένθεση (βάση δεδομένων με δυναμικό πίνακα)

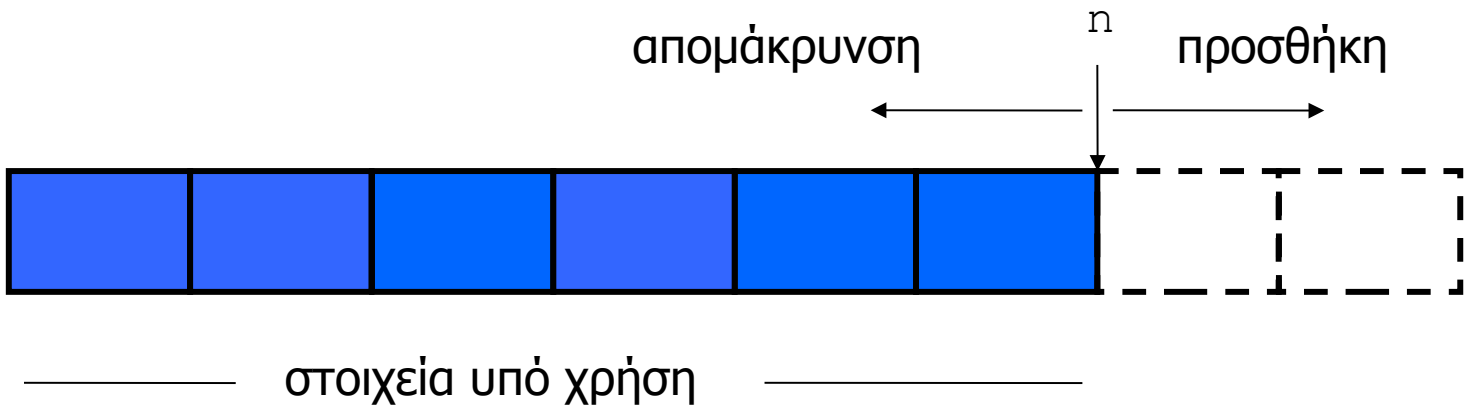
Χρήστος Δ. Αντωνόπουλος
28/11/2016

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Πρόβλημα

- Ζητούμενο: επιθυμούμε να διαχειριστούμε τα περιεχόμενα της τηλεφωνικής μας αντζέντας, με αντίστοιχες λειτουργίες προσθήκης, απομάκρυνσης και αναζήτησης.
- Προσέγγιση
  - ορίζουμε δομή κατάλληλη για την ομαδοποίηση των δεδομένων που ανήκουν σε μια «εισαγωγή»
  - κρατάμε τα δεδομένα σε **ανοιχτό** πίνακα από τέτοιες δομές
- Οι λειτουργίες πρέπει να υλοποιηθούν σύμφωνα με κατάλληλες **εσωτερικές συμβάσεις** για την διαχείριση των στοιχείων του πίνακα.

το μέγεθος του πίνακα αλλάζει **δυναμικά** ως συνέπεια των λειτουργιών προσθήκης ή/και απομάκρυνσης δεδομένων




```
int main(int argc, char *argv[]) {
  int sel ,res;
  char name[64],phone[64];
  phonebook_init();
  do {
    printf("1. Add\n"); printf("2. Remove\n");
    printf("3. Find\n"); printf("4. Exit\n");
    printf("> "); scanf("%d",&sel);
    switch (sel) {
      case 1: {
        printf("name & phone:"); scanf("%63s %63s",name,phone);
        res=phonebook_add(name,phone); printf("res=%d\n",res);
        break;
      }
      case 2: {
        printf("name:"); scanf("%63s",name);
        phonebook_rmv(name);
        break;
      }
      case 3: {
        printf("name:"); scanf("%63s",name);
        res=phonebook_find(name,phone); printf("res=%d\n",res);
        if (res) { printf("phone: %s\n",phone); }
        break;
      }
    }
  } while (sel!=4);
  return(0);
}
```

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

typedef struct {
  char name[64];
  char phone[64];
} Entry;

Entry *entries;
int size;

void phonebook_init() {
  entries=NULL;
  size=0;
}
```

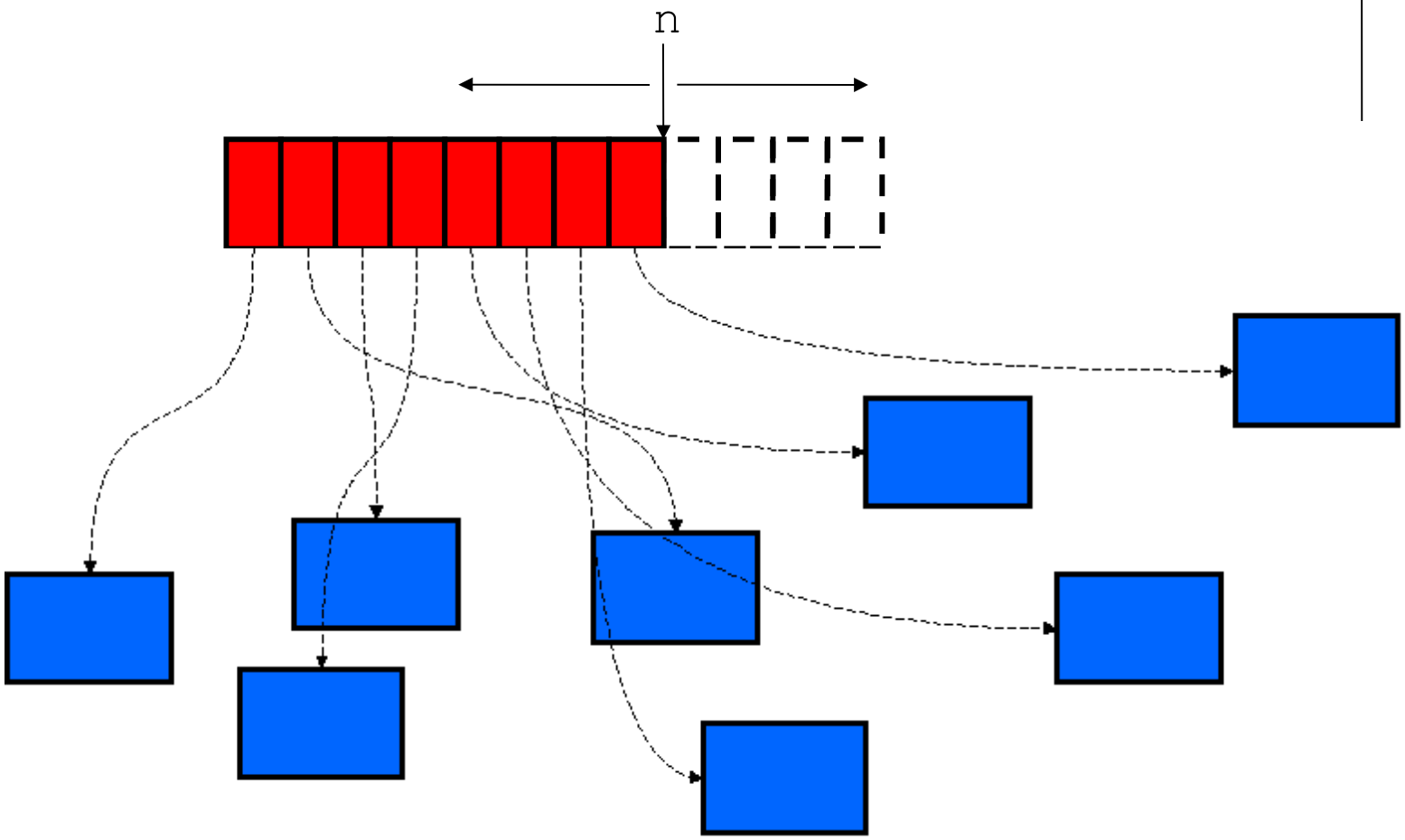
η μεταβλητή entries είναι **δείκτης** σε Entry, και χρησιμεύει ως η αρχή ενός δυναμικού πίνακα από δομές Entry


```
int internal_find(const char name[]) {
  int i;
  for (i=0; (i<size) && (strcmp(entries[i].name,name)); i++);
  return(i);
}

int phonebook_find(const char name[], char phone[]) {
  int pos;
  pos=internal_find(name);
  if (pos == size)
    return(0);
  else {
    strcpy(phone,entries[pos].phone);
    return(1);
  }
}

void phonebook_rmv(const char name[]) {
  int pos;
  pos=internal_find(name);
  if (pos < size) {
    memcopy(&entries[pos],&entries[--size],sizeof(Entry));
    entries=(Entry *) realloc(entries,size*sizeof(Entry));
  }
}
```


```
int phonebook_add(const char name[], const char phone[]) {
  int pos;

  pos=internal_find(name);

  if (pos < size) {
    strcpy(entries[pos].phone,phone);
    return(-1);  /* replace */
  }

  size++;
  entries=(Entry *) realloc(entries,size*sizeof(Entry));

  strcpy(entries[size-1].name,name);
  strcpy(entries[size-1].phone,phone);
  return(1); /* done */

}
```

Σχόλιο

- Κάθε φορά που απομακρύνεται ένα στοιχείο, γίνεται μια αντιγραφή δεδομένων από την τελευταία θέση του πίνακα στην θέση που ελευθερώθηκε.
- Αυτό μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρονοβόρο (αν τα περιεχόμενα της δομής είναι μεγάλα σε μέγεθος).
- Μπορούμε να αποφύγουμε αυτή την αντιγραφή δεδομένων, χρησιμοποιώντας ένα πίνακα **από δείκτες** σε (αυτόνομα) αντικείμενα δεδομένων η μνήμη των οποίων δεσμεύεται και αποδεσμεύεται δυναμικά κατά την προσθήκη / απομάκρυνση τους.
- Με αυτό το τρόπο ο πίνακας μετατρέπεται σε ένα ευρετήριο από δείκτες σε αντικείμενα, επιτρέποντας πολύ γρήγορες «αντιμεταθέσεις» στοιχείων.


n

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

typedef struct {
  char name[64];
  char phone[64];
} Entry;

Entry **entries;
int size;

void phonebook_init() {
  entries=NULL;
  size=0;
}
```

η μεταβλητή entries είναι **δείκτης σε δείκτη** σε Entry, και χρησιμεύει ως η αρχή ενός δυναμικού πίνακα από **δείκτες** σε Entry

```
int internal_find(const char name[]) {
  int i;
  for (i=0; (i<size) && (strcmp(entries[i]->name,name); i++);
  return(i);
}

int phonebook_find(const char name[], char phone[]) {
  int pos;
  pos=internal_find(name);
  if (pos == size)
    return(0);
  else {
    strcpy(phone,entries[pos]->phone);
    return(1);
  }
}

void phonebook_rmv(const char name[]) {
  int pos;
  pos=internal_find(name);
  if (pos < size) {
    free(entries[pos]); entries[pos] = entries[--size];
    entries=(Entry **) realloc(entries,size*sizeof(Entry *));
  }
}
```


```
int phonebook_add(const char name[], const char phone[]) {
  int pos;

  pos=internal_find(name);

  if (pos < size) {
    strcpy(entries[pos]->phone,phone);
    return(-1);  /* replace */
  }

  size++;
  entries=(Entry **) realloc(entries,size*sizeof(Entry *));

  entries[size-1] = (Entry *)malloc(sizeof(Entry));
  strcpy(entries[size-1]->name,name);
  strcpy(entries[size-1]->phone,phone);
  return(1); /* done */

}
```

Παρένθεση (βάση δεδομένων με δυναμικό πίνακα)

Χρήστος Δ. Αντωνόπουλος
28/11/2016

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας