Insper

Sistemas Hardware-Software

Aula 11 – Alocação dinâmica de memória

2019 – Engenharia

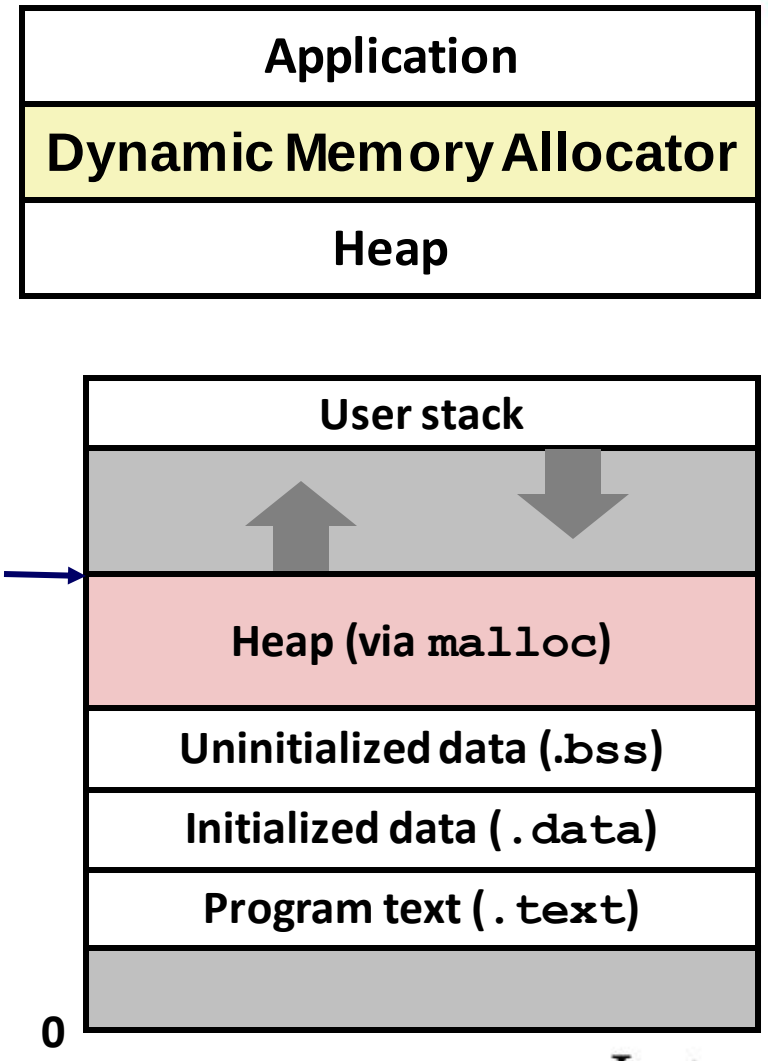
Igor Montagner, Fábio Ayres <igorsm1@insper.edu.br>

Alocação estática

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

#define MAXW 512
#define MAXH 512

int main(int argc, char *argv[]) {
    int mat[MAXH][MAXW];

    /*
        trabalhar com arquivo PGM
    */

    return 0;
}
```

Alocação dinâmica de memória

- Programas usam **alocadores de memória dinâmica** para criar e gerenciar novos espaços de memória virtual
  - C: malloc, free
  - C++: new, delete
- A área do espaço de memória virtual gerenciada por estes alocadores é chamada de **heap**



Alocação dinâmica de memória

- Alocadores organizam o heap como uma coleção de blocos de memória que estão alocados ou disponíveis

- Tipos de alocadores
  - Explícitos: usuário é responsável por alocar e dealocar (ou liberar) a memória.
    Exemplo: malloc, new
  - Implícitos: usuário não precisa se preocupar com a liberação da memória.
    Exemplo: garbage collector em Java

malloc

```
#include <stdlib.h>
void *malloc(size_t size)
```

Se bem sucedido: retorna ponteiro para bloco de memória com pelo menos **`size`** bytes reservados, e com alinhamento de 8 bytes em x86, ou 16 bytes em x86-64. Se **`size`** for zero, retorna **`NULL`**.

Se falhou: retorna **`NULL`** e preenche **`errno`**

Alocação estática

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

#define MAXW 512
#define MAXH 512

int main(int argc, char *argv[]) {
    int mat[MAXH][MAXW];

    /*
        trabalhar com arquivo PGM
    */

    return 0;
}
```

free

```
#include <stdlib.h>
void free(void *p)
```

Devolve o bloco apontado por `p` para o *pool* de memória disponível

Alocação dinâmica

- Vantagens
  - Controle feito em tempo de execução
  - Economia de memória
  - Expandir / diminuir / liberar conforme necessário

- Desvantagens
  - Riscos da gerência
    - Liberar espaços não mais necessários
    - Não acessar espaços já liberados
    - Acessar apenas a quantidade requisitada
    - Etc.

Outras funções

`calloc`: Versão de malloc que inicializa bloco alocado com zeros.

`realloc`: "Re-aloca" um bloco – muda o tamanho do bloco garantindo a integridade dos dados. Note que o bloco realocado pode mudar de lugar na memória!

`sbrk`: usado internamente pelos alocadores para aumentar ou diminuir o heap

Exemplo

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

void foo(int n) {
  int i, *p;

  /* Allocate a block of n ints */
  p = (int *) malloc(n * sizeof(int));
  if (p == NULL) {
    perror("malloc");
    exit(0);
  }

  /* Initialize allocated block */
  for (i = 0; i < n; i++) {
    p[i] = i;
  }

  /* Return allocated block to the heap */
  free(p);
}
```

Atividade

Vamos

- implementar std::vector de C++ em C
- usar ferramenta de checagem de acessos à memória

Bugs de memória comuns

- De-referenciando ponteiros ruins
- Ler memória não-inicializada
- Sobrescrever memória
- Referenciar variáveis inexistentes
- De-alocar bloco de memória múltiplas vezes
- Referenciar memória dealocada
- Não de-alocar memória

Dereferenciando ponteiros ruins

O bug clássico do **`scanf`**!

```
int val;

...

scanf("%d", val);
```

Ler memória não-inicializada

Bug clássico: assumir que dados no heap são pré-inicializados com zero

```
/* return y = Ax */
int *matvec(int **A, int *x) {
   int *y = malloc(N*sizeof(int));
   int i, j;

   for (i=0; i<N; i++)
      for (j=0; j<N; j++)
         y[i] += A[i][j]*x[j];
   return y;
}
```

Sobrescrever memória

Bug insidioso! Eis um exemplo de alocação de tamanho errado:

```
int **p;

p = malloc(N*sizeof(int));

for (i=0; i<N; i++) {
   p[i] = malloc(M*sizeof(int));
}
```

Sobrescrever memória

Bug clássico: off-by-one!

```
int **p;

p = malloc(N*sizeof(int *));

for (i=0; i<=N; i++) {
   p[i] = malloc(M*sizeof(int));
}
```

Sobrescrever memória

Bug clássico sinistro: não verificar tamanho de string! A base dos ataques clássicos de buffer overflow!

```
char s[8];
int i;

gets(s);  /* reads "123456789" from stdin */
```

char * fgets (char * str, int num, FILE * stream);

Sobrescrever memória

Erro no entendimento de aritmética de ponteiros

```
int *search(int *p, int val) {

   while (*p && *p != val)
      p += sizeof(int);

   return p;
}
```

Referenciar variáveis inexistentes

Variáveis locais desaparecem após o retorno da função

```
int *foo () {
    int val;

    return &val;
}
```

Dealocar múltiplas vezes

```
x = malloc(N*sizeof(int));
        <manipulate x>
free(x);

y = malloc(M*sizeof(int));
        <manipulate y>
free(x);
```

Referenciar blocos dealocados

```
x = malloc(N*sizeof(int));
  <manipulate x>
free(x);
   ...
y = malloc(M*sizeof(int));
for (i=0; i<M; i++)
   y[i] = x[i]++;
```

Memory leaks

```
foo() {
   int *x = malloc(N*sizeof(int));
   ...
   return;
}
```

C++ tem uma boa solução para esse problema: smart pointers!

Memory leaks

Bug: dealocar apenas parte da estrutura

```
struct list {
    int val;
    struct list *next;
};

foo() {
    struct list *head = malloc(sizeof(struct list));
    head->val = 0;
    head->next = NULL;
    <create and manipulate the rest of the list>
      ...
    free(head);
    return;
}
```

Insper

www.insper.edu.br