Programmiertechnik II

Freispeicherverwaltung

Speicherblöcke

- Objektzustand ist in Speicherblöcken dargestellt
  - ein Block oder mehrere Blöcke
- Jeder Block hat eine Anfangsadresse und eine Länge
  - Länge ist u.U. nur implizit bekannt, nicht explizit gespeichert
- Ziel der Speicherverwaltung
  - Bereitstellung von Speicher für Objektzustand
  - Wiederverwendung von Speicher von Objekten, die freigegeben wurden
  - Freispeicherverwaltung: Wiederverwendung von freigegebenem Speicher
  - Garbage Collection: Freigabe von nicht mehr verwendeten Objekten

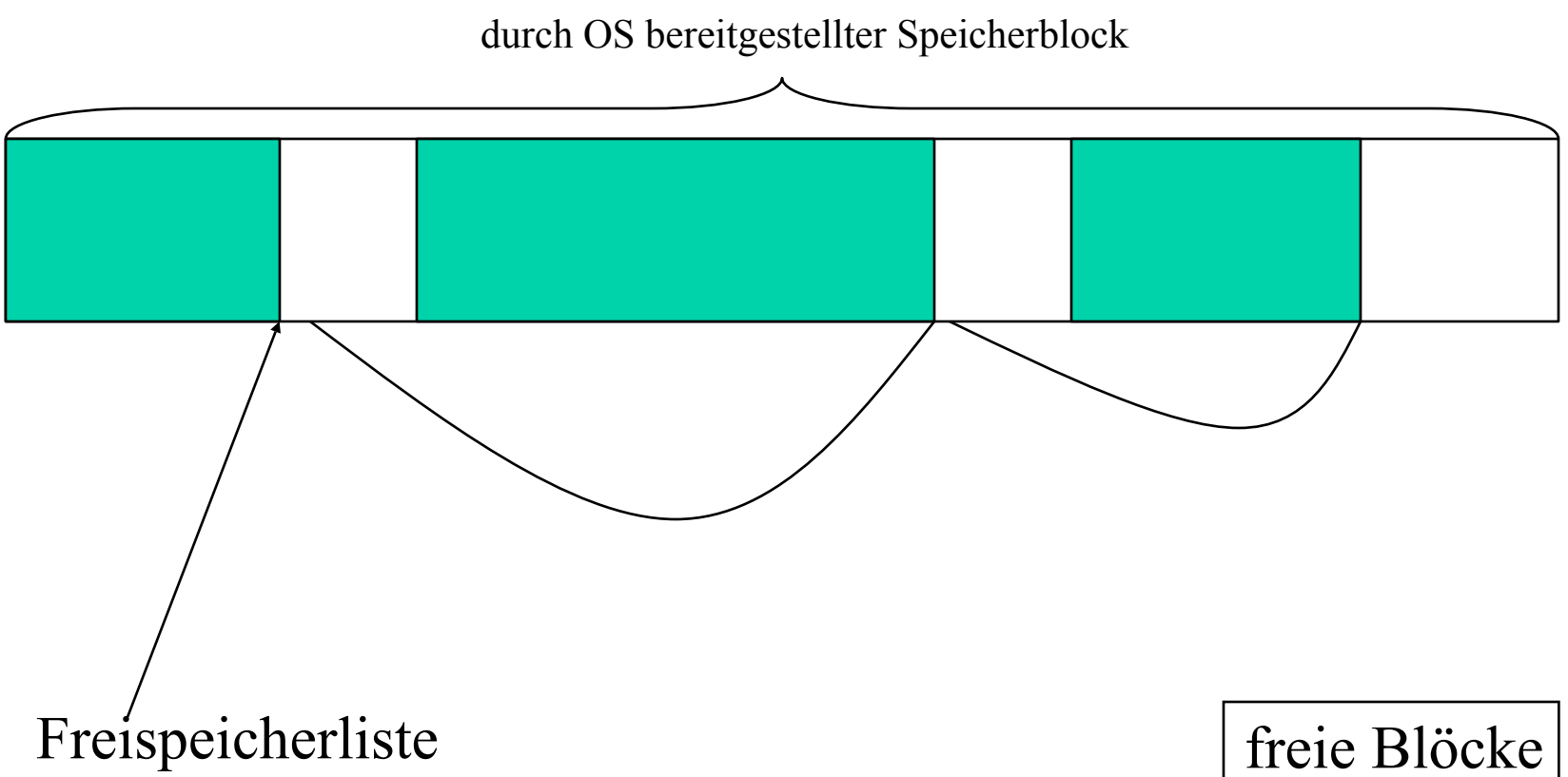
Schnittstellen

- Allozierung: Bereitstellung von freiem Speicher
  - Rückgabe: Pointer auf Anfang von Speicher
  - Unter Angabe der Größe: void *malloc(size_t requested);
  - Mit impliziter Angabe der Größe: new Foo();
    - Objekte einer Klasse haben alle die gleiche Größe
    - new-Ausdruck in C++ alloziert Speicher, führt dann Konstruktor aus
  - Alignment: Ergebnisadresse muss “gerade” sein (etwa: durch 8 teilbar)
- Deallozierung: Freigabe
  - Eingabe: Pointer auf Anfang des Speicherblocks
    - u.U. zusätzlich Größe des Speicherblocks
  - Operation ohne Ergebniswert, u.U. Überprüfung, ob Speicher tatsächlich alloziert ist
  - void free(void *data);

Freispeicherlisten

- Freispeicherverwaltung alloziert großen Speicherblock vom Betriebssystem
  - sbrk(), VirtualAlloc → Betriebssystemvorlesung
- Speicher wird in kleinere Stücken zerlegt und der Anwendung bereitgestellt
  - Information nötig, wieviel Speicher noch frei ist
- Fragmentierung: Freigabe von Speicherblöcken “außer der Reihe”

Fragmentierung



Allokator für Objekte Fester Größe

- Annahme: alle Objekte haben eine feste Größe von 40 Byte
- Annahme: Gesamtspeicher liegt in einem Block (Arena) vor
  - Erweiterung auf mehrere Blöcke wird zunächst nicht betrachtet
- Arena wird in aufeinanderfolgende Blöcke von je 40 Byte unterteilt
- Blöcke werden durchnummeriert
- Für jeden Block wird ein Bit benötigt, um festzuhalten, ob der Block alloziert ist
  - Bits werden hintereinander in Bitmap gespeichert, etwa 16 Bit pro “unsigned short”
  - Speicherbedarf für die Bitmap: Zahl der Blöcke/8 Bytes
- Ausgangszustand: Alle Blöcke sind frei, in der Bitmap haben alle Bits den Wert 0

Allozierung

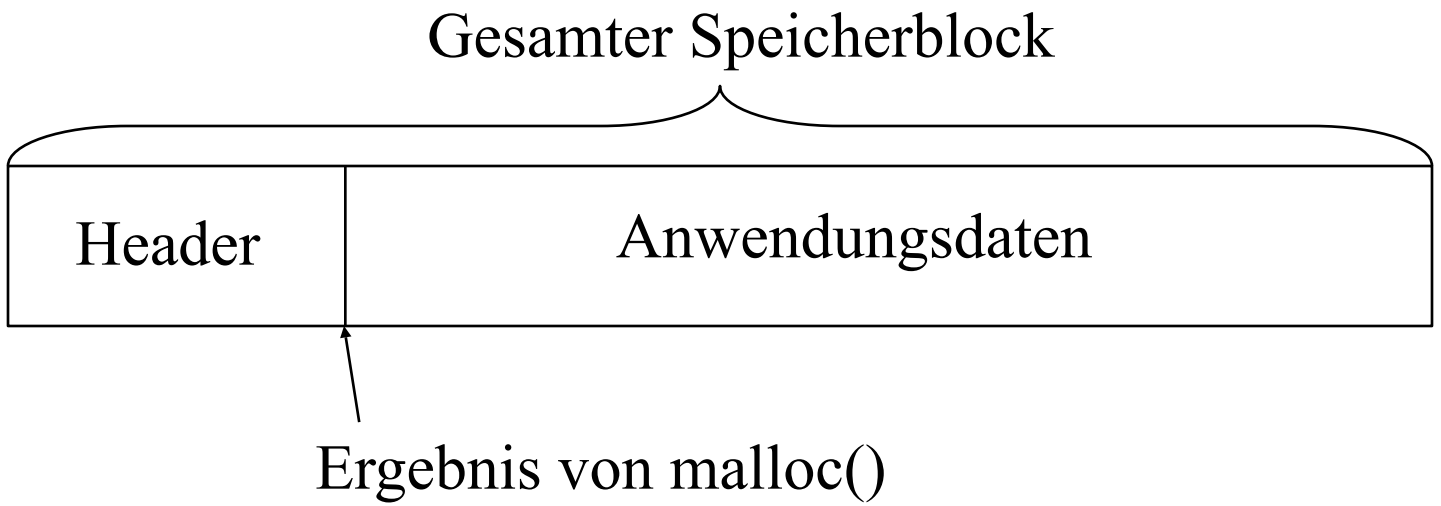
- Auffinden eines freien Bits in der Bitmap:
  - Schleife über alle Worte in der Bitmap
    - Schleife über alle Bits in einem Wort
      - Wenn das Bit nicht gesetzt ist, ist der Block frei:
        - » Bit setzen, Adresse des Blocks zurückgeben
  - Wenn kein freies Bit gefunden wurde, ist der Speicher erschöpft
- Bit-Operationen in C:
  - 1 << n: Erzeugen einer Bitmaske mit genau einem gesetzten Bit an Position n (== 2^n)
  - x | y: Bitweises Oder
  - x & y: Bitweises Und
  - x ^ y: Bitweises Exklusiv-Oder
  - ~x: Bitweise Negation (Einerkomplement)

Deallozierung

- Ermitteln der Blocknummern
- Ermitteln des Worts, in dem das Bit für den Block gespeichert ist
- Ermitteln des Bits innerhalb des Worts
- Löschen des Bits (Freigabe des Blocks)
- Optional:
  - Test, ob freigegebener Block einer gültigen Blocknummer entspricht
  - Test, ob Blocknummer tatsächlich alloziert ist

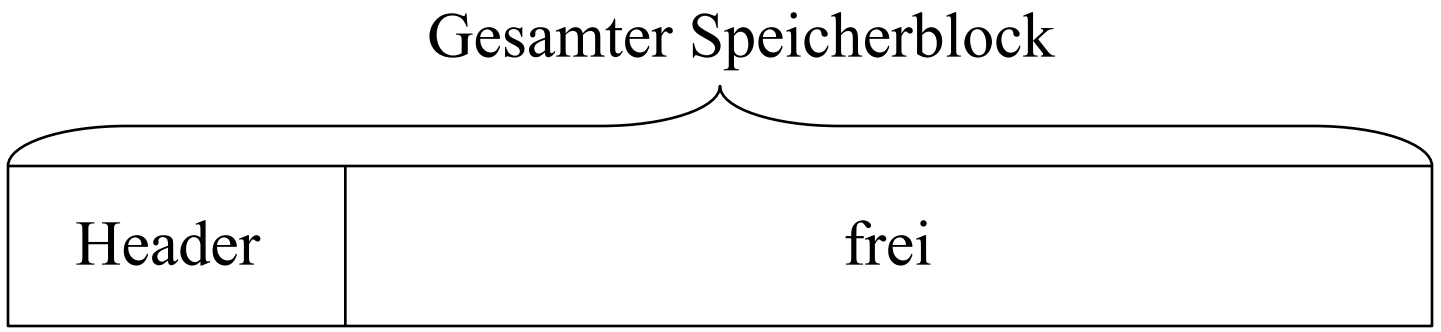
Struktur eines allozierten Speicherblocks

- Header vor eigentlichen Daten
- Anwendung “sieht” nur Anfang der eigenen Daten



Struktur eines Freispeicherblocks

- Jeder Block enthält Größe und Verweis auf nächsten Block
  - auf 32-bit System 4 Byte Größe, 4 Byte Verweis auf nächsten Block
    - minimale Blockgröße 8 Byte



Header-Definition

```
struct AllocatedHeader{
  int size;
};

struct FreeHeader{
  int size;
  struct FreeHeader* next;
};
```

- Alignment: Anfangsadresse des Datenblocks muss evtl. durch 8 teilbar sein
  - es sind auch für den allozierten Block 8 Byte Header üblich

Pointer-Arithmetik

- Felder (arrays):

  int items[100];

  items[10] = 5; // 11. Element, Byte-Offset 10*sizeof(int)

  char *pitems = items;

  pitems[10] = 5; // desgleichen

- Pointer-Addition: p[i] ist *(p+i)
  - Pointer-Arithmethik rechnet in Einheiten der Elementgröße

  pitems = items + 10; // pitems = &items[10];

  pitems[-1] = 7; // items[9] = 7

- Pointer-Subtraktion: Zahl der Elemente

  int index = pitems - items; // 10

Allokation

- Gegeben: Größe des angeforderten Speichers
- Gesucht: Speicherblock, der mindestens so groß ist wie der geforderte Block
  - Allozierungsstrategie?
  - Zerlegung eines großen Blocks in allozierten Block und Restblock
- Rückgabe des Blocks: Adresse nach dem Header

```
void* malloc(size_t requested){
    Header *found = …;
    found->size = requested;
    return found+1;
}
```

Deallokation

- Eintragen des Blocks in Freispeicherliste
  - Zurückrechnen auf Anfang des Headers

```
void free(void *data){
    Header* hdata = (Header*)data - 1;
    // naives Eintragen in Liste
    hdata->next = freelist;
    freelist = hdata;
}
```

- Fragmentierung: kleinere hintereinanderliegende Blöcke müssen wieder zu größeren Blöcken verschmolzen werden
  - Freispeicherliste muss aufsteigend nach Adressen sortiert sein
  - Verschmelzung muss sowohl mit dem folgenden als auch mit dem vorhergehenden Block möglich sein
    - doppelt verkettete Liste?

Weitere Aspekte

- Effizientes Auffinden eines freien Speicherblocks passender Größe
  - Allozierungsstrategien
  - Pool-Allokatoren
- Gleichzeitige Manipulation der Freispeicherliste von mehreren Threads
  - Synchronisation; Schutz der Freispeicherliste
  - Verwaltung von separaten Listen für verschiedene Threads