

Fortgeschrittene Speicherverwaltung

Segmentierung und Fragmentierung

Prof. Dr.-Ing. Andreas Heil

 Licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International license. Icons by The Noun Project.

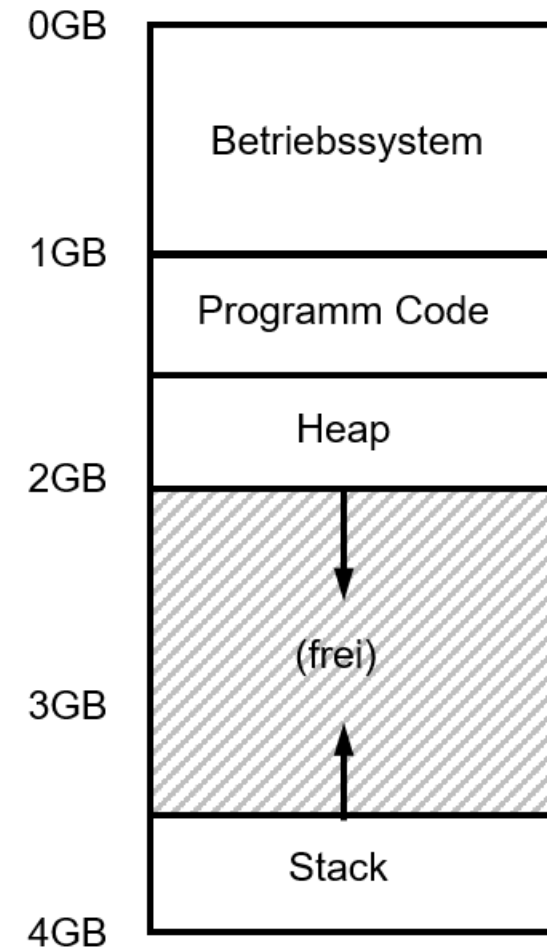
v1.0.1

Lernziele und Kompetenzen

Grundlegende Überlegung

Wie gehen wir mit großen Adressräumen um?

- Zwischen Heap und Stack liegt ggf. viel (ungenützter) Speicher
- Mit 32-Bit lassen sich 4 GB große Adressräume ansprechen



Exkurs

- Unter 32-Bit Windows waren die obersten 2 GB physikalischem Speicher für Windows Reserviert: max. 2 GB virtueller Adressraum
- Unter 32-Bit Linux 1 GB physikalischem Speicher für Betriebssystem: max. 3 GB virtueller Adressraum



Lösung:

Segmentierung

- Ein Base- und Bounds-Paar pro logisches Speichersegment des Adressraums
- Was ist eine Speichersegment?
- Zusammenhängender Speicherbereich
- In unserem Fall drei Segmente
 - Programm-Code
 - Heap
 - Stack



Hardware-Unterstützung

- Folglich: Es müssen drei Base- und Bounds-Paare in der MMU unterstützt werden
- Frage: Woher weiß die CPU welches Segment gemeint ist?
- Lösung: Teile der **virtuellen** Speicheradresse werden für das Segment genutzt



Base- und Bounds Beispiel

Segment	Base	Größe
Code	32K	2K
Heap	34K	3K
Segment	28K	2K



Segmentation Fault

Speicherzugriff auf illegale Adresse in segmentiertem (aber auch bei nicht-segmentiertem Speicher)

Wie kann dass passieren?

- Typisch für C-Programmer.
- Aufgrund von Pointer-Arithmetik ist es recht einfach versehentlich eine Adresse zu »berechnen«, die außerhalb des gültigen Segments liegt

Adressierung von Code-Segmenten (1)

Beispiel:

- 00 - Code Segment
- 01 - Heap Segment
- 10 - Stack Segment

Berechnung:

- Offset + Base-Register: physikalische Speicheradresse
- Zum Prüfen der Obergrenze, wird die Größe hinzuaddiert



Adressierung von Code-Segmenten (2)

- Was ist mit dem Stack?
 - Hardware-Support durch zusätzliches Bit
- Aus Effizienzgründen: Speicherbereiche können geteilt werden
 - Hardware-Support durch zusätzliches Protection-Bit
 - Segment kann somit in mehreren virtuellen Adressräumen genutzt werden

Segment	Base	Größe (max. 4K)	Wächst pos.	Schutz
Code	32K	2K	1	Read-Execute
Heap	34K	3K	1	Read-Write
Stack	28K	2K	0	Read-Write

Segmentierung und das Betriebssystem

- Bei Context Switch müssen Segment-Register ebenfalls gesichert/geladen werden
- Was passiert wenn das Speichersegment nicht genügt?
 - `malloc` -Aufruf liefert Pointer auf Speicherbereich im Heap, Heap ist jedoch zu klein
 - `sbrk` -SysCall wird ausgeführt, um Heap zu vergrößern
 - Betriebssystem vergrößert das Segment und aktualisiert die entsprechenden Register
 - Hinweis: Vergrößerung kann vom Betriebssystem zurückgewiesen werden (Programm hat bereits genügend Speicher oder es gibt keinen physikalischen Speicher mehr)

Fragmentierung

Speicherfragmentierung (engl. external fragmentation)

- Ursprüngliche Annahme: Alle virtuellen Adressräume sind gleich groß, das ist leider in der Realität nicht so
- Für Segmente müssen passende Speicherbereiche gesucht werden
- Physikalischer Speicher besteht somit schnell aus einer Vielzahl an belegten Speicherabschnitten und Löchern
- Speicher muss vom Betriebssystem komprimiert werden

Exkurs: MS-DOS und EMM386.SYS

- Unter MS-DOS gab es Anfangs ein 640KB Limit
- Um den Speicher optimal auszunutzen musste der Speicher händisch optimiert werden, z.B.
 - durch Nutzung zusätzlicher Tools zur Speicherverwaltung
 - händisches Anordnen der zu ladenden Treiber, um Lücken im
 - Speicher möglichst zu vermeiden (minimieren)

Hausaufgabe:

- Lesen Sie [The 640K memory limit of MS-DOS](#)

config.sys

```
[common]
```

```
SWITCHES=/f#  
DOS=NoAutoDOS=high,umb  
BUFFERSHIGH=40  
FILESHIGH=20  
FCBSHIGH=1  
LASTDRIVEHIGH=m  
DEVICE=c:\drivers\qhmbboot.sys  
DEVICE=c:\drivers\umbpci.sys /i=e000-ffff  
DEVICEHIGH=c:\drivers\qhimem.sys /n48  
DEVICE=c:\windows\himem.sys  
DEVICEHIGH=c:\windows\emm386.exe ram auto  
DEVICEHIGH=c:\windows\ifshlp.sys  
DEVICEHIGH=c:\drivers\usbasp.sys /v  
DEVICEHIGH=c:\drivers\di1000dd.sys  
INSTALL=c:\drivers\ctmouse.exe  
DEVICEHIGH=c:\drivers\qcdrom.sys /D:mycdrom  
INSTALL=c:\drivers\shcdx33a.com /D:mydrom
```

Referenzen

Bildnachweise