B4B35OSY: Operační systémy

Lekce 6. Alokace paměti

Petr Štěpán
stepan@fel.cvut.cz

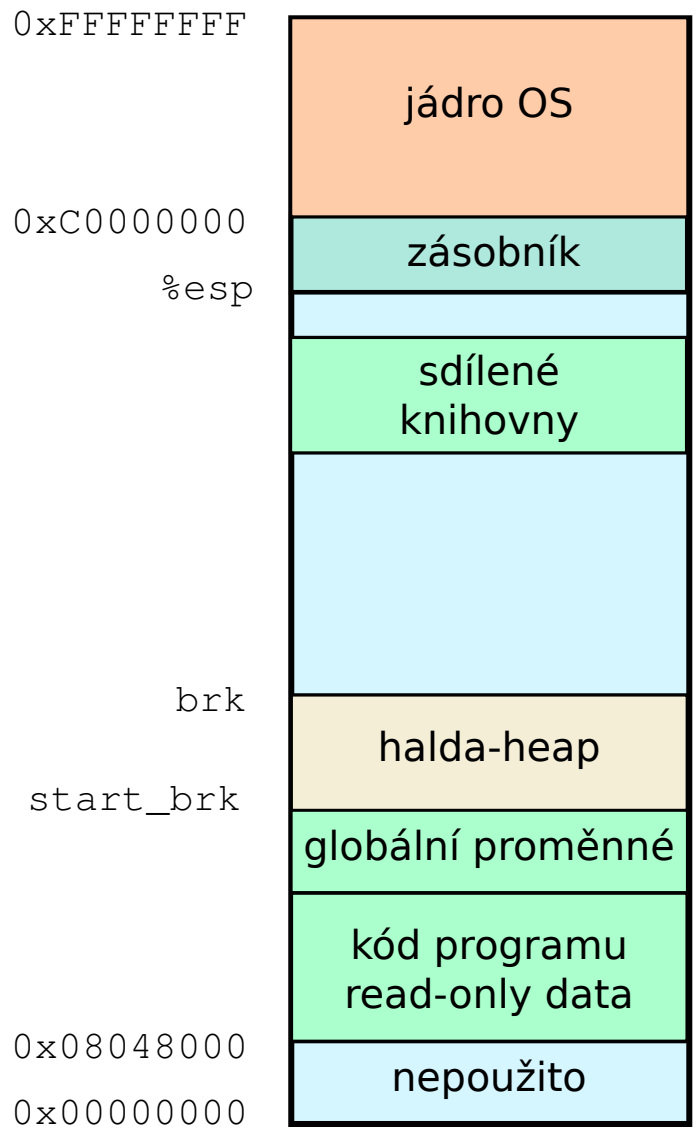
26. října, 2022

Outline

Obsah

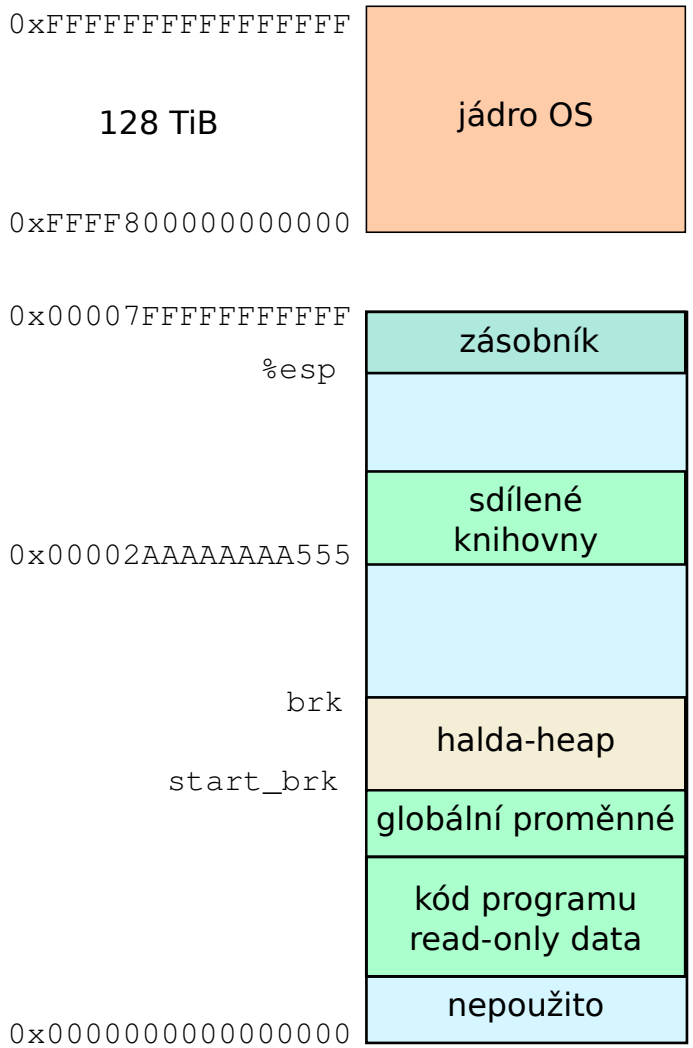
Rozdělení paměti 32-bitový systém Linux

- Virtuální paměťový prostor procesu je rozdělen na:
  - systémovou část – dostupnou pro proces systémovými voláními (1GiB pro OS, Windows má dokonce 2GiB)
  - uživatelskou část – prostor pro program, zásobník (pro všechna vlákna) a jeho data
    - část program, statická data
    - část halda – heap, dynamická data až do 3GiB
    - část mma – mapovaná paměť, dynamické knihovny
    - část zásobník, limit 8MiB
- paměťová mapa procesu je dostupná v /proc/__pid__/maps



Rozdělení paměti 64-bitový systém

- Virtuální paměťový prostor procesu je rozdělen na:
  - systémovou část – dostupnou pro proces systémovými (128 TiB – virtuálně je místa dostatek)
  - uživatelskou část – prostor pro program, zásobník (pro všechna vlákna) a jeho data
    - část program, statická data
    - část halda – heap, dynamická data až do 42TiB
    - část mma – mapovaná paměť
    - část zásobník, limit 8MiB



Obsah

Kvíz – stránkování

`virt` je ukazatel v programu.
`virt>>12` je:

A - odkaz do tabulky tabulek – page directory.

B - hodnota posunutí uvnitř stránky.

C - číslo stránky.

D - číslo rámce.

Kvíz – stránkování

`(pdir[virt>>22] & present) == 1` pokud:

A - je odpovídající stránka v paměti RAM.

B - není odpovídající stránka v paměti RAM.

C - je odpovídající tabulka stránek v paměti RAM.

D - je odpovídající tabulka tabulek (page directory) v paměti RAM.

Kvíz – stránkování

```
#define PAGE_BITS  12
#define PAGE_SIZE  (1 << PAGE_BITS)
#define PAGE_MASK  (PAGE_SIZE - 1)
ptab[(virt>>12) & 0x3ff] & ~ PAGE_MASK
```

je:

A - ukazatel do RAM na virtuální adresu virt.

B - ukazatel do RAM na začátek rámce, kde jsou data z adresy virt.

C - ukazatel na tabulku stránek do RAM, kde je uloženo číslo rámce.

D - číslo rámce.

Start prvního procesu

Detekce ELF souboru

- Prohlédněte si `kern/src/ec.cc`

```
Eh *eh = static_cast<Eh *>
  (Ptab::remap(mod.mod_start));
if (eh->ei_magic != 0x464c457f
 || eh->ei_class != 1
 || eh->ei_data != 1
 || eh->type != 2
 || eh->machine != 3)
  panic ("No ELF");
```

`mod.mod_start` ukazuje do RAM, kam zavaděč (bootloader) nahrál připravený uživatelský program

`virt = Ptab::remap(phys)` nastaví stránkovací tabulku tak, aby ukazatel phys byl namapován na virtuální adresu virt, aby OS mohlo číst data z konkrétní fyzické adresy

`eh` ukazuje na třídu Eh - Elf header viz `kern/include/elf.h`

kontrola magického čísla ELF a spustitelnosti (typ cpu, OS, ...)

Start prvního procesu

```
mword virt=align_dn(ph->v_addr, PAGE_SIZE);
mword phys=align_dn(ph->f_offs
  + mod.mod_start, PAGE_SIZE);
mword fsize=align_up(ph->v_addr%PAGE_SIZE
  + ph->f_size, PAGE_SIZE);
mword msize=align_up(ph->v_addr%PAGE_SIZE
  + ph->m_size, PAGE_SIZE);

while (msize > 0) {
  if (fsize == 0) {
    void *page=Kalloc::allocator.alloc_page
                        (1, Kalloc::FILL_0);
    if (!page)
      panic ("Not enough memory\n");
    phys = Kalloc::virt2phys(page);
  }
  if (!Ptab::insert_mapping(virt, phys, attr))
    panic ("Not enough memory\n");
  phys += PAGE_SIZE; virt += PAGE_SIZE;
  msize -= PAGE_SIZE;
  fsize -= (fsize ? PAGE_SIZE : 0);
}
```

Mapamování dat a programu do virtuálního prostoru

- Prohlédněte si `kern/src/ec.cc`

Namapovat všechny části (program headers) do virtuálního prostoru procesu.
V případě, že programová část není v RAM, tzn. f_size==0, pak je potřeba alokovat rámec funkcí `alloc_page`.

- `ph->v_addr` virtuální adresa, kam má být část umístěna
- `ph->f_offs` posunutí (offset) části od začátku souboru
- `ph->f_size` velikost programové části v souboru, může být nula
- `ph->m_size` velikost programové části v paměti

Start prvního procesu

Vytvoření zásobníku a spuštění procesu

- Prohlédněte si `kern/src/ec.cc`

```
void *stack = Kalloc::allocator
  .alloc_page (1, Kalloc::FILL_0);
if (!stack)
  panic ("Not enough memory\n");
if (!Ptab::insert_mapping (
      0xbffff000, Kalloc::virt2phys (stack),
      Ptab::PRESENT | Ptab::RW | Ptab::USER))
  panic ("Not enough memory\n");

current->regs.ecx = 0xc0000000;
current->regs.edx = eh->entry;

ret_user_sysexit();
```

Nejdříve si připravíme jeden rámec RAM pro zásobník – stack.
Tento rámec připojíme do virtuálního prostoru procesu na adresu `0xbffff000`.
Nasimuluje, jako kdybychom se měli vrátit z volání sysenter a pak zavolat sysexit:

- `ecx` - ukazuje na konec zásobníku (adresa `0xc0000000` se nevyužije, první push použije adresy `0xbffffffc-0xbfffffff`)
- `edx` - vstupní virtuální adresa pro spuštění programu, uvedena v hlavičce ELF souboru

Obsah

Alokace paměti

- Paměť není neomezená
  - musí být alokována a spravována
  - mnoho aplikací velmi intenzivně potřebuje paměť
    - prohledávání stavového prostoru, chemická analýza složitých molekul, mapování v robotice
- Chyby při alokaci a správě jsou závažné a špatně detekovatelné
  - pokud je to možné, využívejte nástroje pro kontrolu alokace paměti – valgrind, -fsanitize=address
  - Přístup do paměti není vždy stejně rychlý
    - při programování je nutné brát ohled na využití cache, která je daleko rychlejší, než hlavní paměť počítače
    - úprava programu na lepší využití cache může významně zrychlit výpočet programu

Alokace paměti

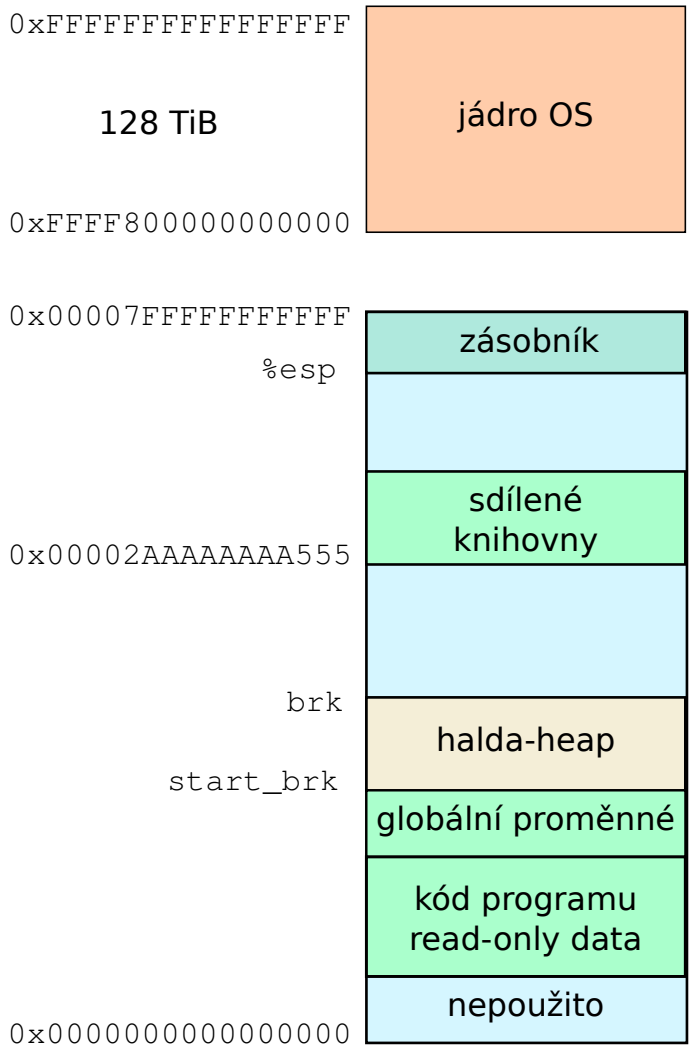
- Statická velikost, statická alokace
  - globální proměnné (i static proměnné jednotlivých modulů)
  - linker přiřadí místo pro globální proměnné ve virtuální paměti
  - zavaděč (OS) přiřadí konkrétní místo ve fyzické paměti
- Statická velikost, dynamická alokace
  - Lokální proměnné na zásobníku (stack)
  - překladač generuje kód tak, že k datům na zásobníku se přistupuje relativně vzhledem k jeho vrcholu (či tzv. frame pointeru)
- Dynamická velikost, dynamická alokace
  - kontroluje program
  - alokace na heapu – jak?

Dynamická alokace

- Explicitní a implicitní alokace
  - Explicitní – program alokuje a uvolňuje paměť pro dynamické proměnné
    - např. funkce malloc a free v jazyce C, new/delete v C++
  - Implicitní – program alokuje paměť pro nové proměnné, ale již je neuvolňuje
    - např. garbage collection v Javě nebo Pythonu
- Alokace v obou případech uvažuje paměť jako množinu bloků

Proces v paměti

- brk – omezení haldy, nejvyšší možná využitelná paměť (kromě zásobníku a sdílených knihoven)
- `int brk(void *addr)` a `void *sbrk(intptr_t increment)` posouvají využitelnou paměť pro haldu
- zvětšení `brk` je spojené s alokací fyzické paměti a namapováním virtuální paměti na alokovanou fyzickou



Balíček malloc

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

- `void *malloc(size_t size)`
  - Při úspěšné alokaci:
    - vrací ukazatel na blok paměti o velikosti alespoň `size` bajtů, (typicky velikost zarovnaná na 8-bajtové bloky)
    - při `size == 0`, vrací `NULL` a nic nealokuje
    - Při nedostatku paměti: vrací `NULL` (0) a nastaví errno
- `void *calloc(size_t nmemb, size_t size)`
  - Varianta malloc která navíc inicializuje paměť na 0
- `void free(void *ptr)`
  - Vrací blok `ptr` do ”bazénu”(pool) volných bloků paměti
  - `ptr` muselo být alokované původně funkcí `malloc`
- `void *realloc(void *ptr, size_t size)`
  - Změní velikost bloku `ptr` a vrátí ukazatel na nový blok s novou velikostí
  - Obsah nového bloku se nezmění až do minima z hodnot nové a staré velikosti
  - Pokud nejde blok zvětšit, alokuje se nový blok a původní data se do něj zkopírují
  - Opět – `ptr` muselo být alokované původně funkcí `(m/c)alloc`, nebo `realloc`

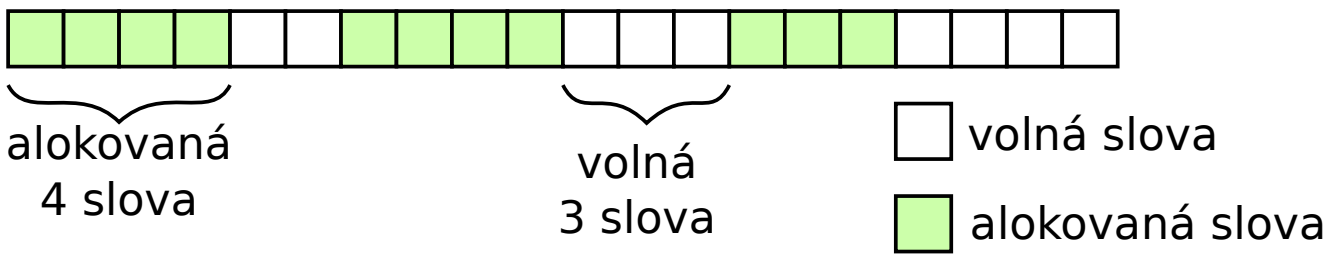
Cíle alokace

- Hlavní cíle
  - co nejrychlejší provedení funkcí malloc a free, měla by být rychlejší než lineárně k počtu alokovaných bloků
  - minimalizovat fragmentaci paměti, co nejlepší využití paměti souvisí s minimální fragmentací (vnitřní i vnější)
- Vedlejší cíle
  - Prostorová lokalita:
    - bloky alokované v podobném čase by měly být blízko u sebe
    - bloky podobné velikosti by měly být blízko u sebe
  - Implementace by měla být robustní:
    - operace free by měla proběhnout pouze na správně alokovaném objektu
    - alokace by měla umožnit kontrolovat, zda se jedná o odkaz na alokované místo

Předpoklady

Konvence pro další část přednášky

- paměť je adresována po slovech (slovo v 32-bitových systémech je 4bajtové, v 64-bitových systémech je 8bajtové)
- čtverečky na obrázcích znamenají slovo
- každé slovo může obsahovat buď celé číslo, nebo ukazatel



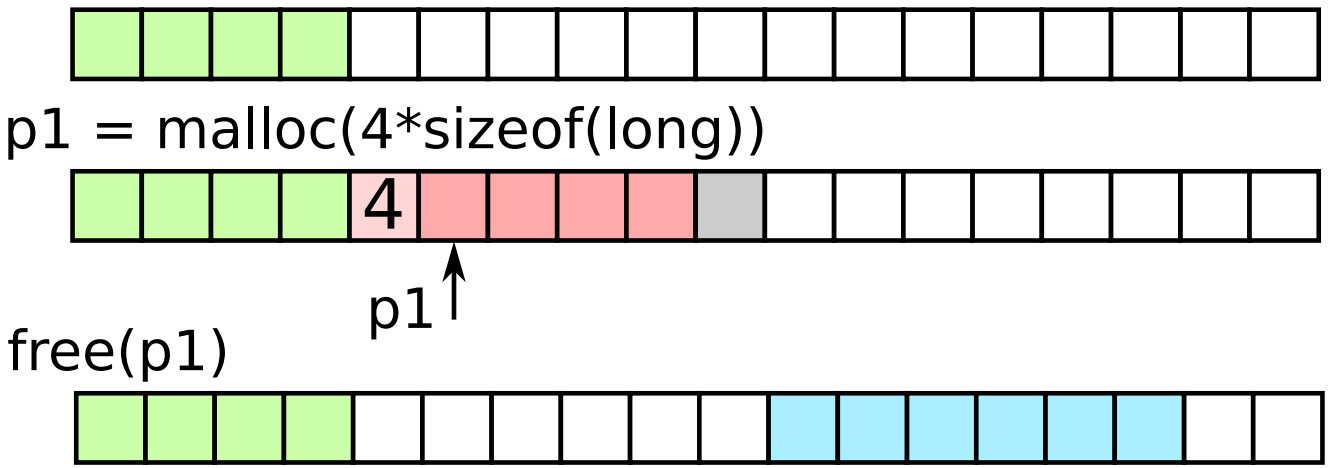
Problémy alokace

- Jak zjistit kolik paměti uvolnit při volání funkce free?
- Jak udržovat informaci o volných blocích v paměti?
- Co udělat s volným místem, pokud alokujeme paměť v díře, která je větší než požadované množství?
- Jak vybrat místo pro alokaci, když jich vyhovuje víc?
- Jak vrátit alokovaný blok paměti po uvolnění do volných bloků?

Velikost alokované paměti

Jak zjistit jak velká paměť se má uvolnit

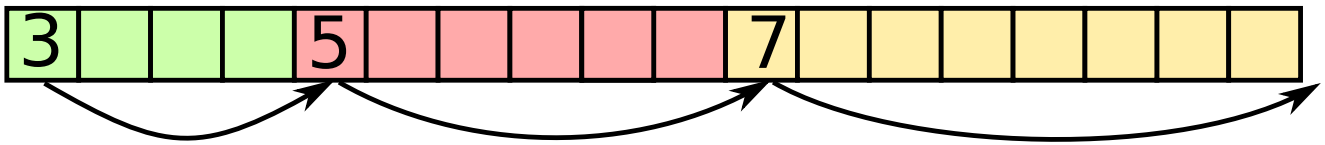
- Informaci o velikosti bloku lze uchovat před začátkem alokovaného bloku
- Číslo před začátkem udává velikost bloku a je označováno jako hlavička
- Informace vyžaduje dodatečné místo při alokaci



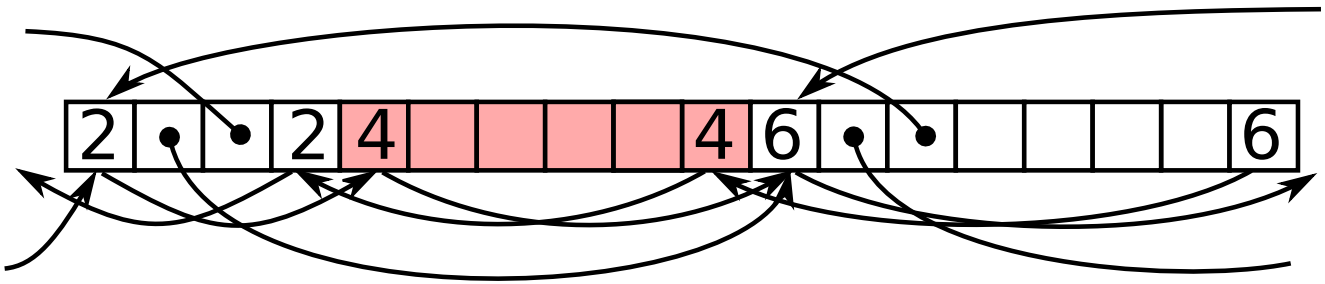
Informace o volných blocích

4 základní metody udržování informace o alokovaných blocích a volném místě

1. implicitní seznam s použitím délky



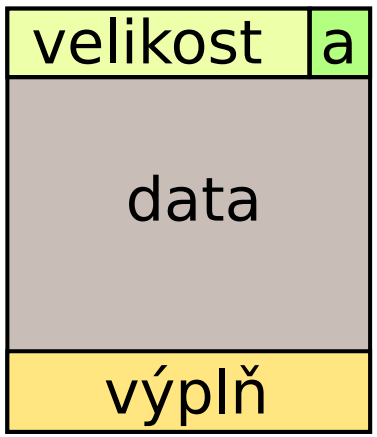
2. explicitní seznam volných bloků



3. rozdílné seznamy volných bloků podle velikosti
4. uspořádaný seznam bloků podle velikosti

Implicitní seznam

- potřebujeme identifikovat, zda je blok volný, nebo použitý
- rezervujeme extra bit
- bit použijeme ve stejném slově jako velikost bloku, protože velikost bloku v bajtech je vždy násobek slova (4 nebo 8 bajtů), můžeme použít nejnižší bit délky.



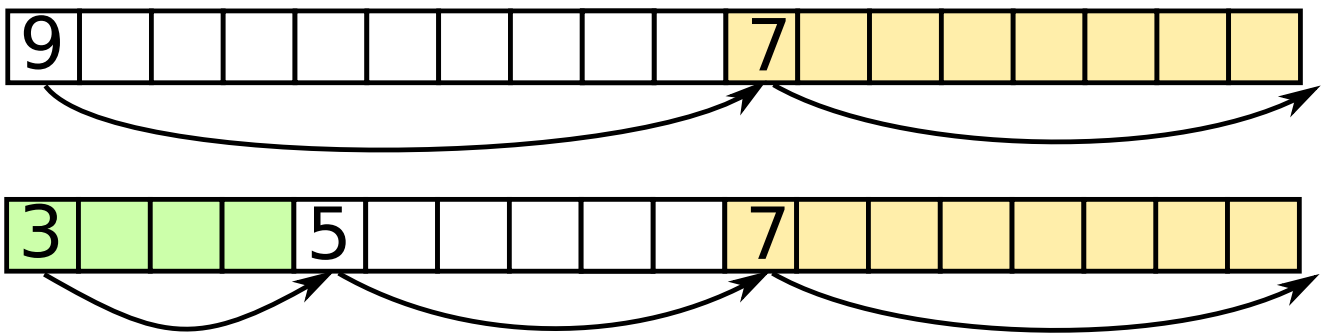
a=0 volný
a=1 alokovaný

Alokace paměti

- alokace znamená přepsání bitu “a” na 1, nebo rozdělení velkého bloku na dva
- který blok vzít pro alokaci:
  - první blok (first fit) – vezmi první blok od začátku haldy, který má alespoň požadovanou velikost
    - může být náročné, prohledávání celé haldy
    - nezohledňuje velikost, mohou vznikat mini-díry
  - další blok (next fit) – stejné jako první blok, ale pamatuje si kde skončil minule a začne na tom místě
    - rychlejší algoritmus, opět nezohledňuje velikosti
  - nejlepší blok (best fit) – najdi ze všech bloků ten, který má nejbližší velikost (nejlépe přesně požadovanou)
    - nejnáročnější, vždy prohledá celou haldu, vznikají mini-díry
  - nejhorší blok (worst fit) – najděte blok, který je největší
    - stačí si pamatovat, kde je největší blok, po rozdělení je nutné hledat největší blok

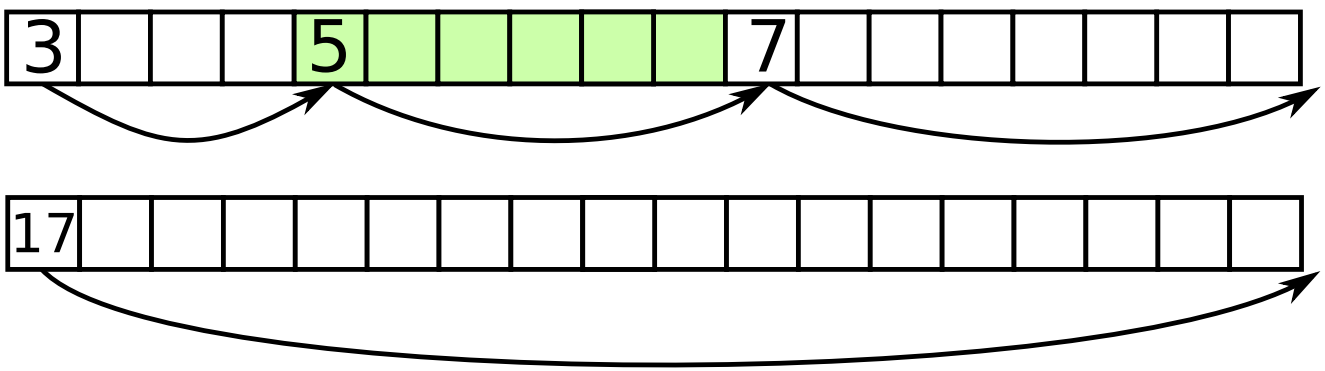
Alokace paměti

- blok volné paměti se při alokaci:
  - rozdělí volný blok na dva bloky, jeden alokovaný, druhý volný
  - celý volný blok se použije jako alokovaný, pokud by zbytek byl moc malý (nemohl by uchovat informaci o volném bloku)



Uvolnění paměti

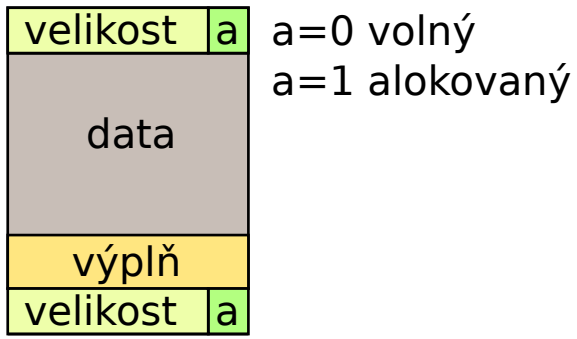
- uvolnění paměti je přepsání bitu “a” na 0 a spojení s předchozím a nebo následujícím volným blokem
- jak najít předcházející blok?
  - buď musíme projít celou haldu a spojovat dopředu
  - nebo musíme něco přidat do naší struktury bloku

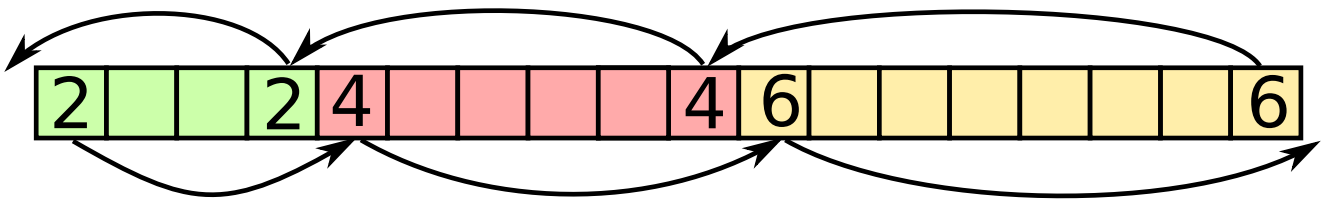


Obousměrný implicitní seznam

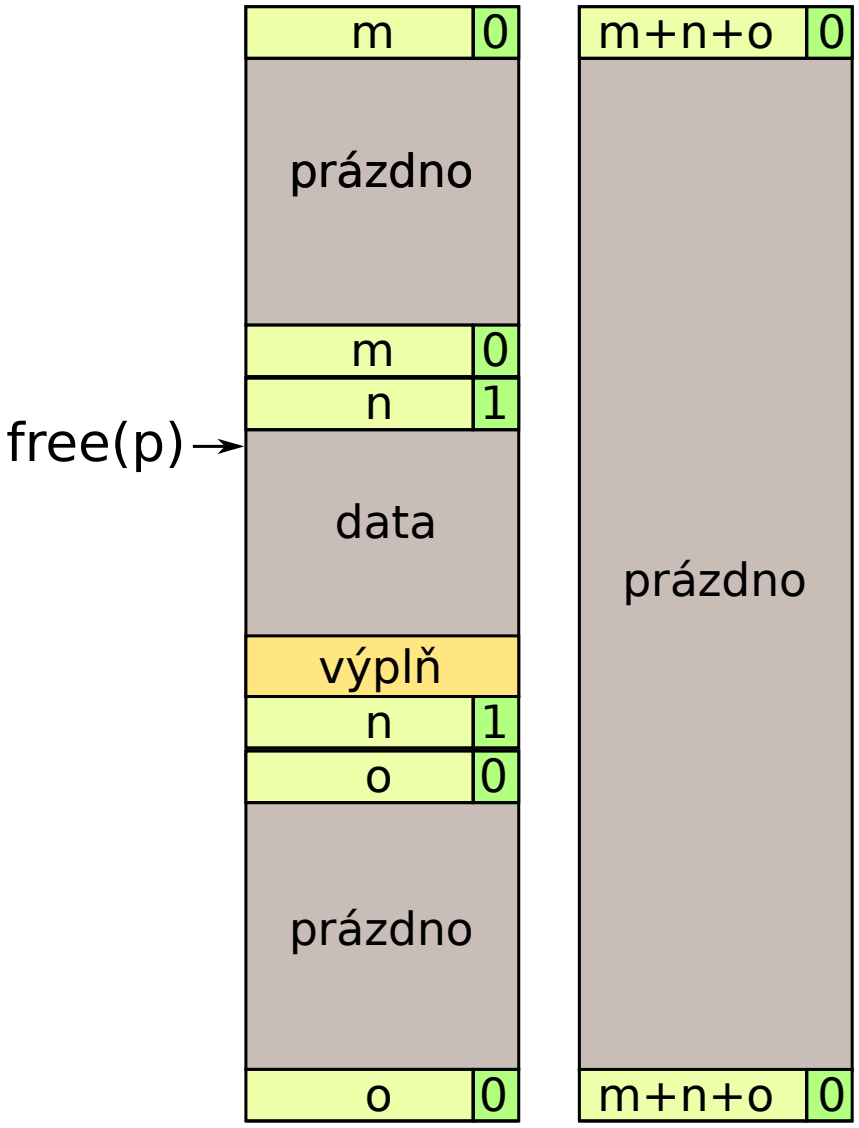
Co přidat

- také na konec bloku přidáme jeho velikost [Knuth1973]
- spojení prázdných bloků v konstantním čase



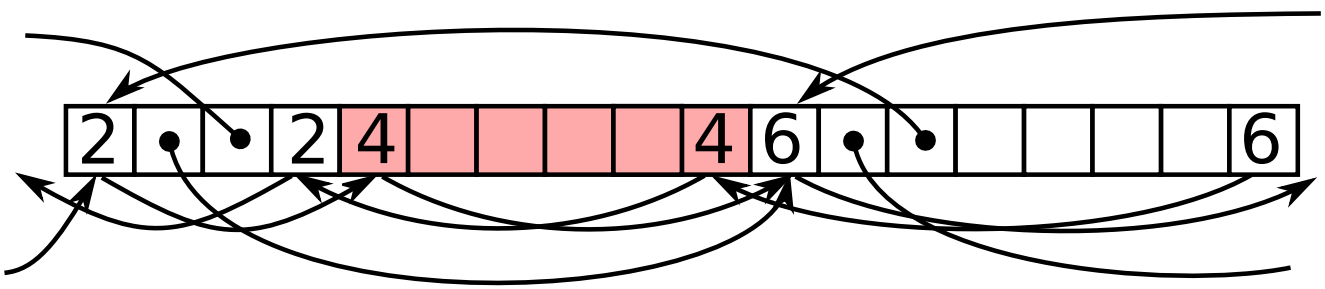


Uvolnění paměti



Explicitní seznam volných bloků

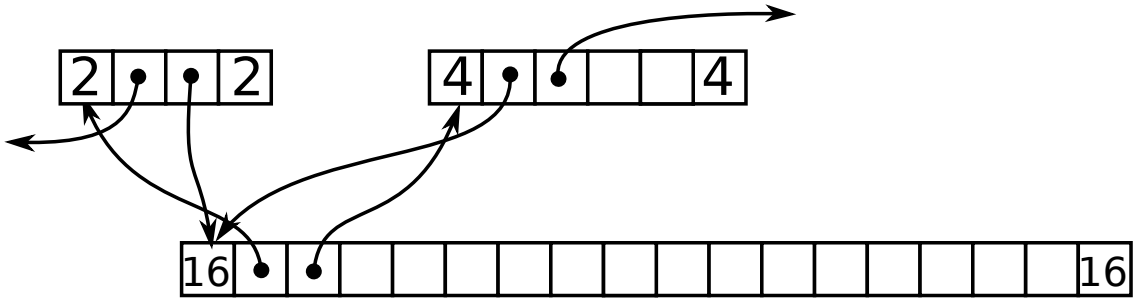
- princip využít volné místo v bloku pro uložení přímých ukazatelů na další a předchozí volný blok
- potřebujeme ponechat velikost bloku (na začátku i na konci), protože je nutná pro spojování uvolněných bloků



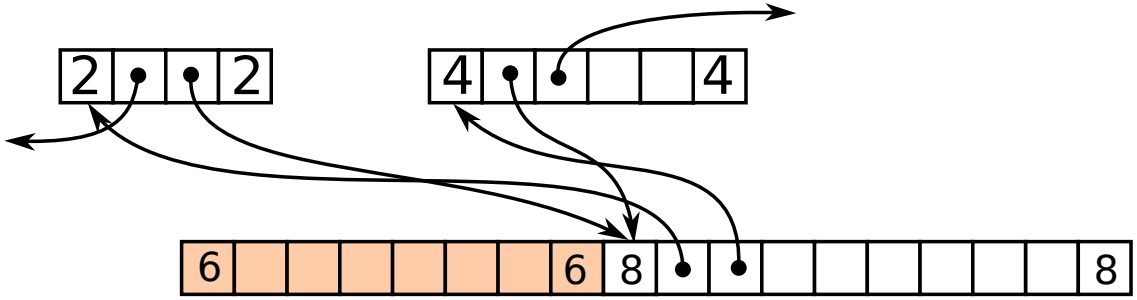
Alokace s ukazateli

- pokud je využita jen část bloku, pak se jen posunou ukazatele

Před:



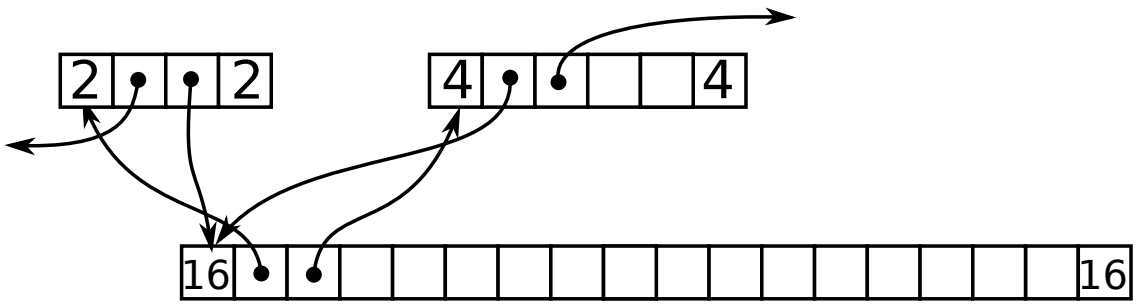
Po:



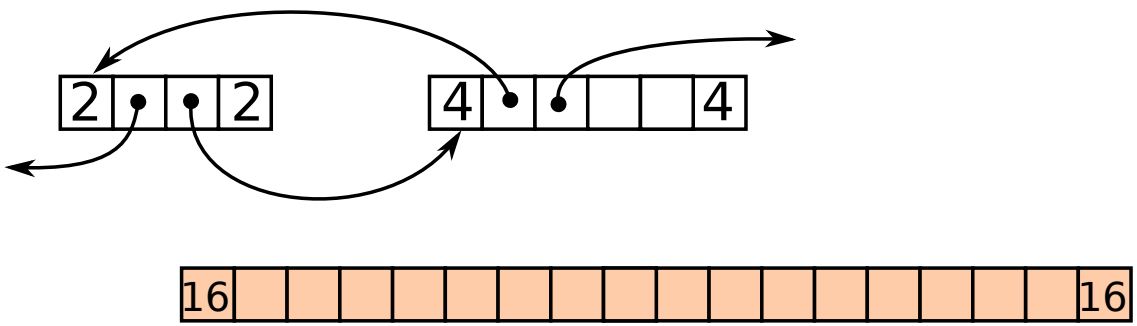
Alokace s ukazateli

- pokud je využit celý blok, pak je třeba přepojit ukazatele předchozího a následujícího volného bloku

Před:



Po:



Uvolnění bloku

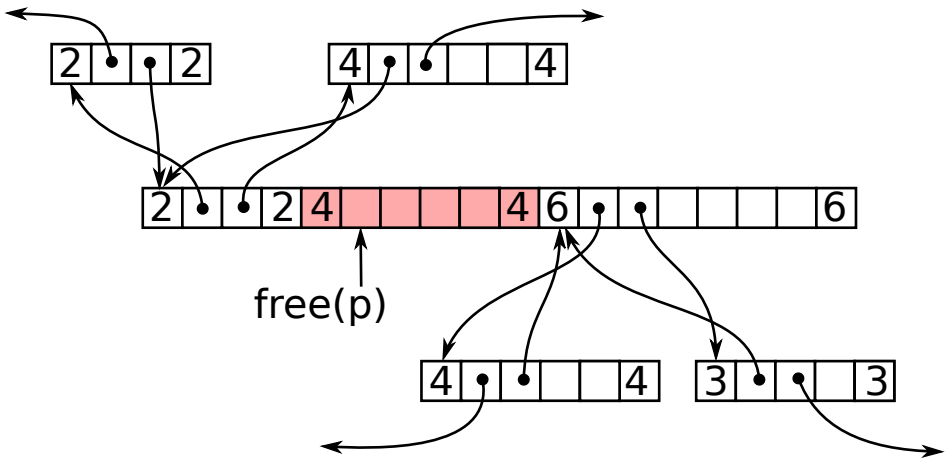
kam zařadit volný blok

- FIFO – zařadit blok na konec fronty (bere se i zprostřed, podle strategie výběru)
  - pro: rychlé, konstantní čase
  - proti: vyšší fragmentace
- podle adresy – udržovat setříděný seznam podle adresy
  - pro: studie ukazují, že je menší fragmentace
  - proti: zatřídění uvolňovaného bloku trvá déle

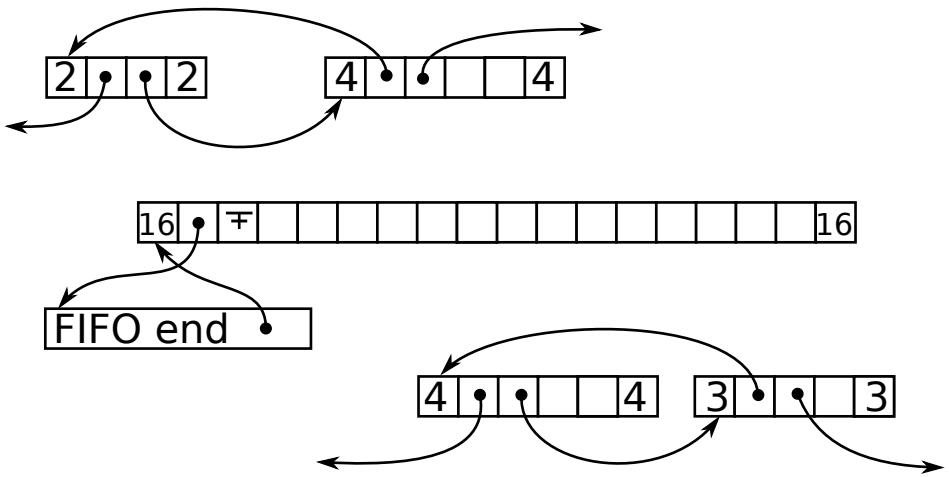
Uvolnění bloku FIFO

- spojování bloků, nutné přepojit ukazatele původních bloků

Před:

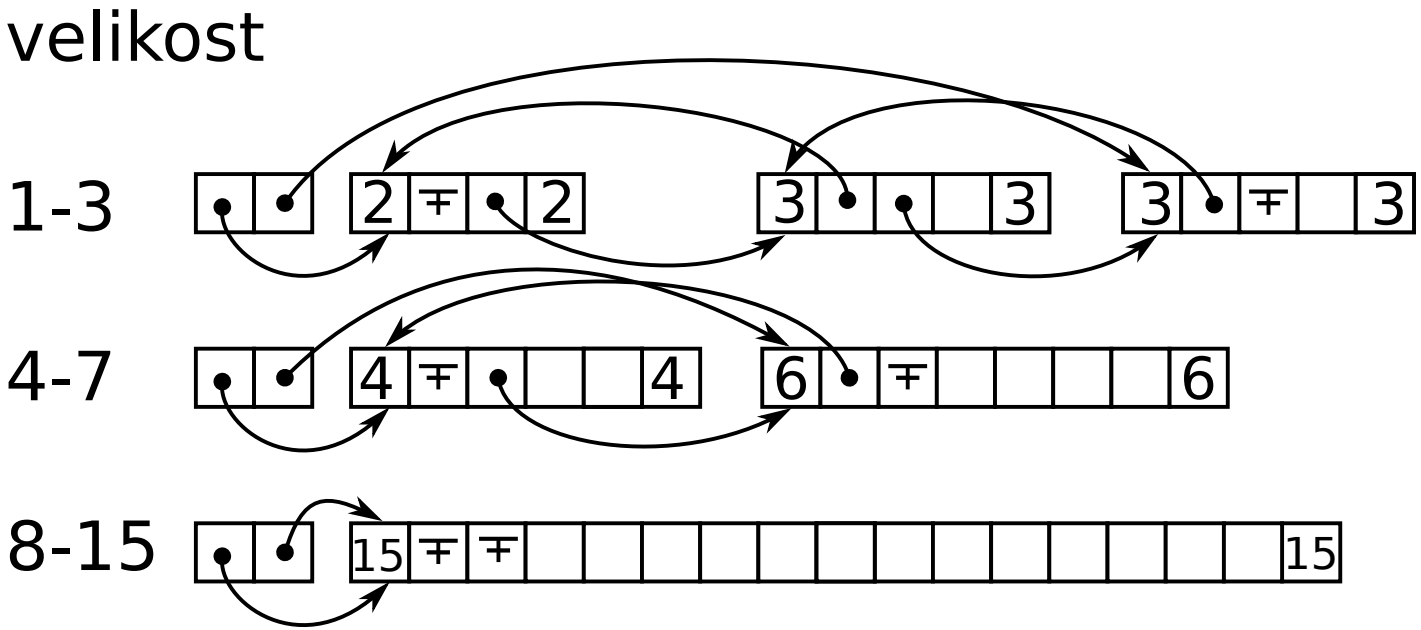


Po:



Oddělené seznamy

- seznamy volných bloků podle jejich velikostí
- jeden seznam obsahuje bloky o velikosti v zadaném rozmezí
  - rozmezí většinou limity podle mocnin 2



Oddělené seznamy

- alokace bloku o velikosti **m**:
  - najdu první volný blok o velikosti **n**, že $m < n$
  - pokud je blok výrazně větší ($n - m$ umožňuje začlenit blok do oddělených seznamů) pak vytvořím prázdný blok a vložím ho do seznamu volných bloků rozměru $n - m$
  - pokud blok není výrazně větší, pak použiji na alokaci celý nalezený blok
- uvolnění bloku:
  - je nutné zkontrolovat sousední bloky a pokud byly volné, vytvořit nový blok o větší velikosti a umístit ho do seznamu správné velikosti

Vyhledávací struktura

- všechny volné bloky jsou setříděny ve struktuře, která umožní vyhledat nejvhodnější velikost (best-fit) v čase – $O(log(n))$
- vyhledání prvního většího volného bloku je stejně náročné – $O(log(n))$
- nejčastěji se používají červeno-černé stromy (red-black tree), které jsou relativně jednoduché na implementaci a přitom efektivní

Obsah

Zóny paměti x86

- NUMA (non-uniform memory access) – u víceprocesorových systému trvá přístup do jednoho místa v paměti jinak dlouho, podle toho, z jakého procesoru přistupuji – souvisí s fyzickým umístěním paměťových čipů na základní desce
- UMA (uniform memory access) – jediná paměť se stejným přístupem
- Přestože PC jsou UMA i tak má paměť různé zóny, vzhledem k omezení přístupu periferií do fyzické paměti:

jméno	rozsah
ZONE_DMA	0–16 MiB of memory
ZONE_NORMAL	16–896 MiB
ZONE_HIGHMEM	896 MiB – End

- DMA – paměť vhodná pro použití komunikace s periferiemi, hlavně DMA přenosy HDD – RAM (starší periferie neuměly adresovat víc než 16 MiB paměti)
- NORMAL – paměť celá mapovaná do oblasti jádra OS
- HIGHMEM – veškerý zbytek paměti, který se nevejde do NORMAL.

  Pozor – 32bitový systém má pro jádro vyhrazen 1 GiB (někdy 2 GiB) adresového prostoru. Pokud je fyzické paměti víc než 1 (2) GiB, nemůže být všechna fyzická paměť namapována do adresního prostoru jádra současně a mapování (obsah stránkovacích tabulek) se musí měnit podle toho, do jaké paměti je potřeba přistupovat. To hodně zpomaluje běh systému.

Alokace v jádře

Třída Kalloc - zkráceno

```
class Kalloc {
 private:
   const mword begin;
   mword end;
 public:
   enum Fill {
    NOFILL = 0, FILL_0,
    FILL_1
   };

   static Kalloc allocator;
   Kalloc (mword virt_begin,
    mword virt_end) :
    begin (virt_begin), end (virt_end) {}

   void * alloc_page (unsigned size,
    Fill fill = NOFILL);
   void free_page (void *);

   static void * phys2virt (mword);
   static mword virt2phys (void *);
};
```

Třída Kalloc - definice

```
void * Kalloc::phys2virt (mword phys) {
  mword virt = phys +
    reinterpret_cast<mword>(&OFFSET);
  return reinterpret_cast<void*>(virt);
}

mword Kalloc::virt2phys (void * virt) {
    mword phys = reinterpret_cast<mword>(virt) -
      reinterpret_cast<mword>(&OFFSET);
    return phys;
}
```

Přechod virtuální a fyzická adresa

Jak je možné, že přechod mezi virtuální a fyzickou adresou je tak jednoduchý?

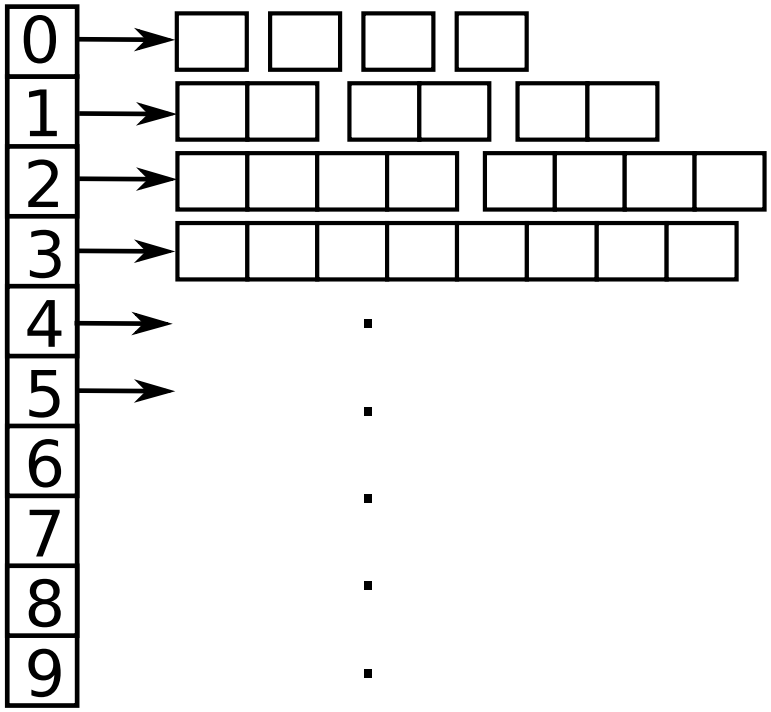
```
mword Kalloc::virt2phys (void * virt) {
  mword phys = reinterpret_cast<mword>(virt) -
    reinterpret_cast<mword>(&OFFSET);
  return phys;
}
```

Platí to vždy?

- Ne - platí to jen pro úsek paměti, který je celý namapován do fyzické paměti, jako jeden blok
- DŮLEŽITÉ: Po zapnutí stránkování nemůže ani JOS přistoupit přímo k fyzické paměti
  - Celé jádro OS se pohybuje také ve virtuálním prostoru
- OS si pro sebe zabere zónu DMA a NORMAL a využívá ji přednostně pro alokaci objektů, u kterých potřebuje znát fyzickou adresu
  - Tabulky stránek
    - OS musí vyplnit rámec tabulky stránek do tabulky tabulek
  - Přístup k souborům na disku přes DMA
    - OS musí vyplnit rámec, kam se budou kopírovat data z DMA
    - DMA neví nic o stránkování
    - DMA není procesem, ale HW

Zóny paměti

- každá zóna si udržuje seznam volných a použitých rámců
- pokud počet volných rámců klesne pod stanovenou mez, spouští se swap démon, který začne připravovat odložení stránek na disk
- při dosažení spodní limitní hranice se alokující proces blokuje do ukončení uvolňování stránek
  - některé procesy nelze blokovat, ty mohou provést alokace i pod tento spodní limit
- každá zóna si uržuje seznam volného místa v blocích stránek



Zóny paměti

- seznam řádu **k** znamená, že udržuje volné bloky o velikosti $2^k \times PAGE\_SIZE$
- pokud není volný rámec požadovaného řádu, vezme se nejbližší volný blok vyššího řádu, rozdělí se poloviny a přesune do nižšího řádu, případně rekurzivně až do požadovaného řádu
- uvolnění bloku může vést ke spojení se sousední blokem a přechod do vyššího řádu
- k detekci možného spojení slouží bitová mapa pro všechny bloky daného řádu
- každá zóna má seznamy řádu 0 až MAX (většinou 10 – blok 4MiB)
- zóna má funkce alloc_pages, free_pages pro alokaci bloku stránek zadaného řádu a jeho uvolnění

Mapa rámců paměti RAM

- každý rámec fyzické paměti má v paměti alokovanou strukturu, která popisuje jeho využití

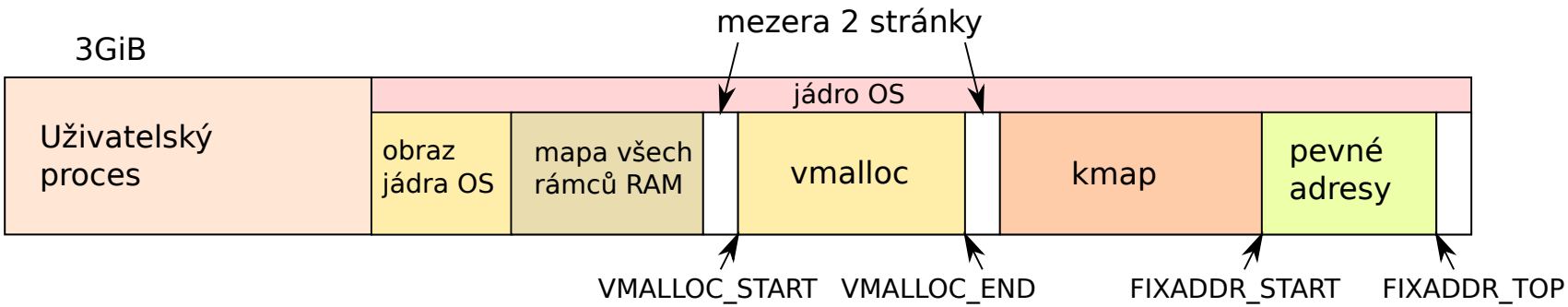
```
typedef struct page {
    struct list_head list;
    struct address_space *mapping;
    unsigned long index;
    struct page *next_hash;
    atomic_t count;
    unsigned long flags;
    struct list_head lru;
    struct page **pprev_hash;
    struct buffer_head * buffers;
#if defined(CONFIG_HIGHMEM) || defined(WANT_PAGE_VIRTUAL)
    void *virtual;
#endif /* CONFIG_HIGMEM || WANT_PAGE_VIRTUAL */
} mem_map_t;
```

Rámce paměti

- uvedená struktura slouží pro uchování všech informací o rámci:
  - list – odkaz na spojový seznam rámců (např. clean, dirty, lock)
  - mapping – odkaz na soubor, který tento rámec mapuje do paměti
  - count – kolik stránek odkazuje na tento rámec (např. sdílené stránky kódu procesů)
  - flags – příznaky stránky (např. active, inactive, unused, dirty, slab, lru)
  - lru – odkaz do spojového seznamu pro algoritmus lru – active/inactive seznam
  - buffer – odkaz hlavičky bufferů, pokud stránka slouží jako disková cache, nebo má svoji kopii ve swap
  - virtual – (volitelně) odkaz na virtuální adresu stránky, pro HIGMEM rámce v jádru (má pouze jednu virtuální adresu)

Rozložení paměti jádra (Linux)

- obraz jádra – rozbalený kód jádra OS
- mapa rámců paměti – struct page pro každý rámec RAM
- oblast vmalloc – oblast pro vmalloc
- oblast kmap – oblast kam jsou dočasně mapovány stránky z HIGHMEM
- oblast fixovaných adres – adresy, které je potřeba znát před spuštěním jádra např. ACPI



Alokace v jádře

- kmalloc – funkce pro alokaci dynamických objektů v prostoru jádra, vytváří fyzicky i virtuálně spojité úseky paměti. Pro alokaci používá algoritmus známý jako SLAB.
- vmalloc – alokace celých stránek (spojitých ve virtuální paměti, ne nutně spojitých ve fyzické paměti)
- GFP (get free page) příznaky – kde, co a jak alokovat
  - GFP_ATOMIC – nelze proces uspat, je nutné dokončit alokaci přímo
  - GFP_NOHIGHIO – alokace v jádře, proces může být uspán, ale požaduje paměť ze zóny NORMAL
  - GFP_KERNEL – obyčejná alokace v jádře, proces může být uspán a vzbuzen po uvolnění paměti, zóna HIGMEM
  - GFP_HIGHUSER – obyčejná alokace normálního uživatele v zóně HIGHMEM, může být uspán

vmalloc

- alokuje v jádře blok paměti, který ve fyzické paměti nemusí být souvislý
- kroky vmalloc:
  - najdi místo ve virtuální paměti pro daný blok
  - alokuj potřebný počet stránek pro daný blok
  - upraví referenční tabulku jádra OS
  - při prvním přístupu procesu k alokovanému prostoru se vyskytne chyba stránky a OS nakopíruje informace o rámci z referenční tabulky stránek OS do tabulky stránek OS.
- velikost bloků paměti alokovaná vmalloc je zaokrouhlena na stránky
- mezi jednotlivé alokované bloky je vložena prázdná stránka, která chrání před přesahy (off-by-one chyby) mezi bloky paměti

kmalloc

- SLAB (SLUB) algoritmus
- SLAB má tři základní cíle:
  - alokovat malé bloky paměti a při tom zabránit fragmentaci paměti
  - udržovat volné nejčastěji používané objekty pro jejich rychlé opětovné využití (cache uvolněných objektů stejné velikosti, např. datagramy)
  - lepší využití procesorové L1 a L2 cache zarovnáním objektů na velikost L1, nebo L2 cache
- informace o využití SLAB cat /proc/slabinfo
- objekty jsou alokované z tzv. cache, tj. struktur, které obsahují alokované stránky pro objekty dané velikosti
  - standardně se vytvoří cache pro základní typy velikostí (obdoba oddělených seznamů podle velikostí)
  - cache vytváří uživatelé, tedy části jádra OS, pokud chtějí zrychlit alokaci mnoha malých kousků paměti
  - kmalloc při požadavku na alokaci paměti najde cache, která nejlépe odpovídá požadované velikosti
  - cache zajistí alokaci zjištěním volného místa v slab – kontejneru na několik objektů zadané velikosti

Cache pro kmalloc

- každá cache má 3 seznamy slab podle obsazenosti:
  - plný – tento slab nelze použít pro alokaci
  - poloprázdný – tento slab je kandidátem pro alokaci nového objektu
  - prázdný – tento slab je kandidátem pro uvolnění
- každá cache se snaží udržovat rozumný počet volného místa pro další alokaci objektů zadané velikosti
- od jádra 2.6 se vytváří také cache per-CPU
  - tyto cache jsou spojeny s procesory a snaží se, aby objekty, které patří jednomu vláknu byly umístěny ve stejné L1, nebo L2 cache, tedy fyzicky blízko
  - tato procesorově orientovaná alokace umožňuje, aby se data při běhu lépe vešla do procesorové cache a tím aby proces běžel rychleji