9. Komunikacja przez pamięć dzieloną

Pamięć wirtualna

Procesy nie adresują bezpośrednio pamięci fizycznej. Zamiast tego system operacyjny przydziela im wirtualną przestrzeń adresową. Jest ona liniowa, zaczyna się od zera i rośnie aż do wartości maksymalnej.

Pamięć składa się z bajtów pogrupowanych w strony. Strony zarządzane są przez MMU (ang. *Memory Management Unit*). Rozmiar strony zależy od architektury I zwykle wynosi:

- 4 kB dla maszyn 32 bitowych
- 8 kB dla maszyn 64 bitowych

Strona może być albo obecna w pamięci RAM albo nieobecna, znajduje się w pamięci dyskowej. Odwołanie się do strony nieobecnej powoduje wyjątek błąd strony (ang. *Page Fault*). Wtedy system operacyjny sprowadza stronę z pamięci dyskowej do pamięci RAM.

Jądro rozmieszcza strony w blokach zwanych regionami pamięci. Różnić się one mogą prawami dostepu.
W każdym procesie istnieją następujące regiony pamięci:

- Segment tekstu – zawiera kod i dane stałe, literały, tylko do odczytu
- Segment stosu – zawiera zmienne lokalne i dane zwracane z funkcji. Rośnie i maleje w trakcie wykonania programu
- Segment danych (sterta) – zawiera dane dynamiczne przydzielane funkcją malloc.
- Segment bss – zawiera niezainicjowane zmienne globalne

Przydzielanie pamięci dynamicznej

Pamięć dynamiczna przydzielana jest funkcją **`malloc`**

```
void * malloc(size_t size)
```

Funkcja zwraca wskaźnik na przydzielony obszar pamięci lub NULL gdy się nie powiodła.

```
typedef struct {
  int pocz;
  int kon;
  int ile;
} msg_t;
...
msg_t * buf;
...
buf = (msg_t *) malloc(sizeof(msg_t));
buf->pocz = 1;
```

Pamięć dynamiczna do tablic przydzielana jest funkcją c**alloc**

```
void * calloc(size_t nr, size_t size)
```

nr – liczba elementów
size – wielkośc elementu

Funkcja zwraca wskaźnik na przydzielony obszar pamięci lub NULL gdy się nie powiodła.

Zmiana wielkości obszaru

```
void * realloc(void * ptr, size_t size)
```

ptr – wskaźnik na obszar
size – nowa wielkość obszaru

Zwalnianie obszaru pamięci

```
void  free(void * ptr)
```

Blokowanie pamięci

```
int mlock(const void * adr, size_t len);
```

Wykonanie funkcji spowoduje że wskazany obszar pamięci poczynając od adr, wielkości len nie zostanie usunięty z pamięci RAM na dysk.

Blokowanie całej pamięci procesu:

```
int mlockall(int flags);
```

Odblokowanie pamięci

```
int munlock(const void * adr, size_t len);

int munlockall(void);
```

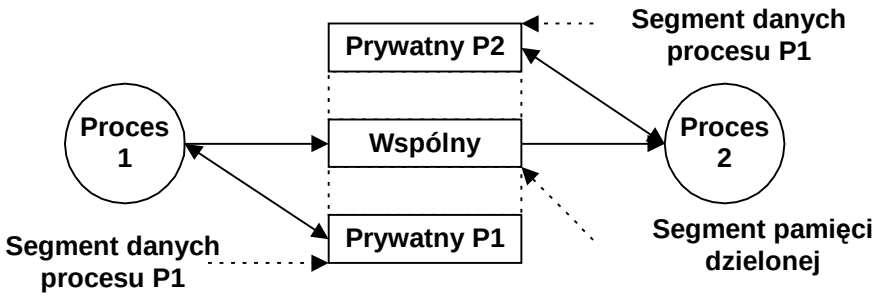
Komunikacja przez pamięć dzieloną

Metoda komunikacji przez wspólną pamięć może być użyta gdy procesy wykonywane są na maszynie jednoprocesorowej lub wieloprocesorowej ze wspólną pamięcią.

Procesy mają rozdzielone segmenty danych - modyfikacje wykonane na danych w jednym procesie w żaden sposób nie przenoszą się do procesu drugiego.

Aby procesy mogły mieć wspólny dostęp do tych samych danych należy:

1. Utworzyć oddzielny segment pamięci.
2. Udostępnić dostęp do segmentu zainteresowanym procesom.



Rys. 9-1 Procesy P1 i P2 komunikuję się poprzez wspólny obszar pamięci

Wątki

Wątki z natury dzielą obszar danych. Zmienne zadeklarowane jako zmienne globalne będą dostępne dla wątków.

Komunikacja poprzez pamięć dzieloną

Gdy procesy komunikują się przez wspólną pamięć, należy zadbać o zachowania spójności danych zawartych w dzielonym obszarze pamięci.

9.1 Funkcje operujące na wspólnej pamięci – standard Posix

Standard Posix 1003.4 - funkcje pozwalające na tworzenie i udostępnianie segmentów pamięci:

Działanie	Funkcja
Utworzenie wspólnego segmentu pamięci	**shm_open()**
Ustalenie rozmiaru segmentu	**ftruncate()**
Ustalenie odwzorowanie segmentu	**mmap()**
Cofnięcie odwzorowania segmentu	**munmap()**
Zmiana trybu dostępu	**mprotect()**
Skasowanie segmentu pamięci	**shm_unlink()**

Tabela 9-1 Funkcje POSIX operujące na pamięci wspólnej

Tworzenie segmentu pamięci

Tworzenie segmentu pamięci podobne jest do tworzenia pliku – segment jest plikiem specjalnym.

```
int shm_open(char *name, int oflag, mode_t mode )
```

name Nazwa segmentu pamięci
oflag Flaga specyfikująca tryb utworzenia (jak dla plików), np. O_RDONLY, O_RDWR, O_CREAT
mode Specyfikacja trybu dostępu (jak dla plików).

Gdy funkcja zwraca liczbę nieujemną jest to uchwyt identyfikujący segment w procesie. Segment widziany jest jako plik specjalny w katalogu /dev/shmem.

Ustalanie rozmiaru segmentu pamięci

```
off_t ftruncate(int fdes, off_t offset)
```

fdes Uchwyt segmentu zwracany przez poprzednią funkcję shm_open.
offset Wielkość segmentu w bajtach.

Funkcja zwraca wielkość segmentu lub –1 gdy błąd.

Odwzorowanie segmentu pamięci wspólnej w obszar procesu,

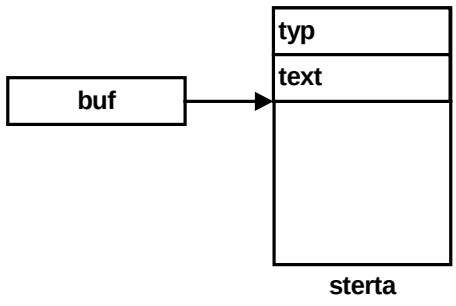
```
void *mmap(void * addr, size_t len, int prot, int flags,
int fdes, off_t off)
```

addr	Zmienna wskaźnikowa w procesie której wartość będzie przez funkcję zainicjowana. Może być 0.
len	Wielkość odwzorowywanego obszaru.
prot	Specyfikacja dostępu do obszaru opisana w <sys/mman.h>. Może być PROT_READ|PROT_WRITE
flags	Specyfikacja użycia segmentu, np. MAP_SHARED.
fdes	Uchwyt segmentu wspólnej pamięci.
off	Początek obszaru we wspólnej pamięci (musi to być wielokrotność strony 4K)

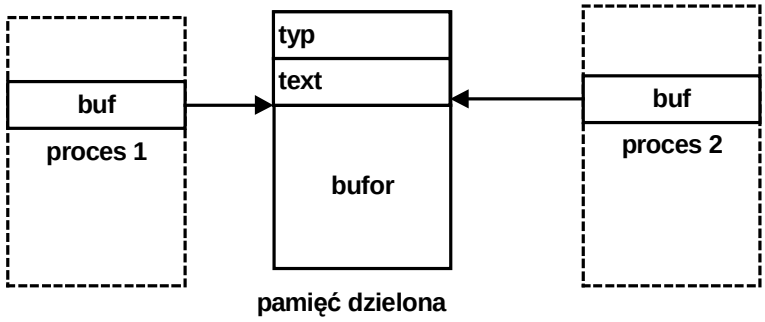
Funkcja zwraca adres odwzorowanego obszaru lub –1 gdy błąd.

```
typedef struct {
          int typ;
          char text[SIZE];
} buf_t;
...
buf_t *buf;
buf = malloc(sizeof(buf_t));
buf->typ = 1;
...
```

Przykład 1 Pamięć zawierająca strukturę znajduje się na stercie



Rys. 9-2 Struktura buf na stercie



Rys. 9-3 Struktura buf w pamięci dzielonej

```
typedef struct {
          int typ;
          char text[SIZE];
} buf_t;
...
buf_t *buf;
....
fd=shm_open("bufor",O_RDWR|O_CREAT,0664);
...
buf = (buf_t *)mmap(0,sizeof(buf_t),PROT_READ|PROT_WRITE,
        MAP_SHARED, fd, 0);

buf->typ = 1;
...
```

Przykład 2 Pamięć zawierająca strukturę znajduje się w pamięci dzielonej

Odłączenie się od segmentu pamięci

```
shm_unlink(char *name)
```

name Nazwa segmentu pamięci.

Każde wywołanie tej funkcji zmniejsza licznik udostępnień segmentu. Gdy osiągnie on wartość 0 czyli segment nie jest używany już przez żaden proces, segment jest kasowany.

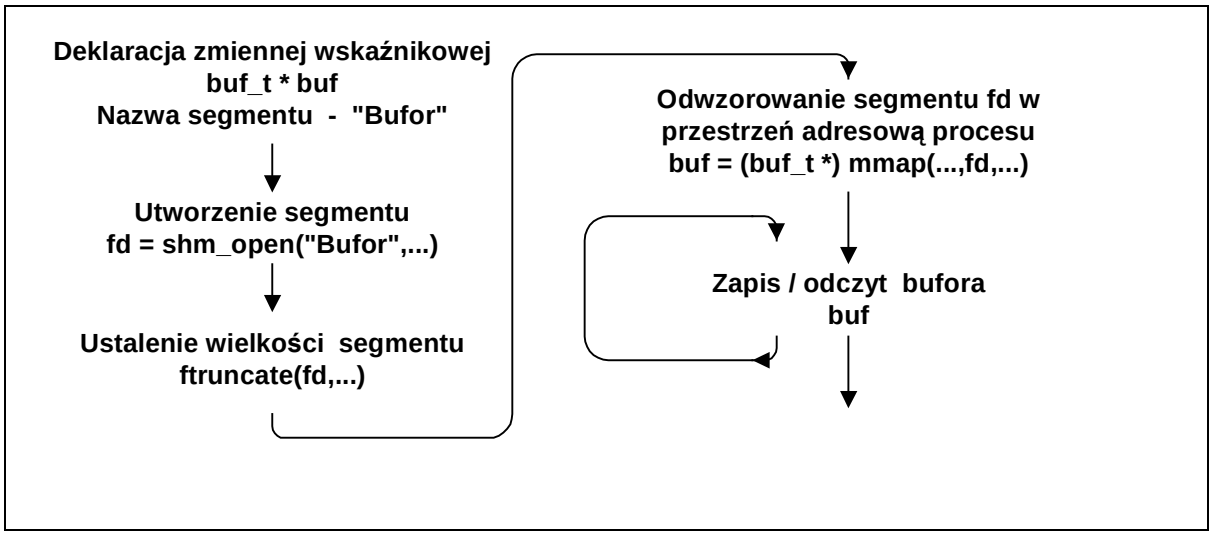
Schemat utworzenia i udostępnienia segmentu podano na poniższym rysunku.

```
// Kompilacja gcc pam-dziel.c -o pam-dziel -lrt
#include <sys/mman.h>
#include <stdio.h>
```

```
#include <stdlib.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>
#include <string.h>

#define SIZE 60   // Rozmiar bufora

 typedef struct {
    int typ;
    char text[SIZE];
 } buf_t;


main(int argc,char *argv[]) {
 int i,stat,pid,k,res;
 buf_t  *buf;
 char name[16];
 int  fd; // Deskryptor segmentu

 strcpy(name,"Bufor");
 shm_unlink(name);
 // Utworzenie segmentu pamieci  ---------------------
 if((fd=shm_open(name,O_RDWR|O_CREAT,0664))==-1) {
    perror("shm_open");
    exit(-1);
 }
 printf("fh = %d\n",fd);
 // Okreslenie rozmiaru obszaru pamieci ---------------
 res = ftruncate(fd,sizeof(buf_t));
 if(res < 0) { perror("ftrunc"); return 0; }

 // Odwzorowanie segmentu fd w obszar pamieci procesow
 buf = (buf_t *) mmap(0,sizeof(buf_t),
PROT_READ|PROT_WRITE,MAP_SHARED, fd, 0);
 if(buf == NULL) { perror("mmap"); exit(-1); }
 printf("start\n");
 // Proces potomny P2 - pisze do pamieci wspolnej -----
 if(fork() == 0) {
     buf-> typ = 1;
     for(k=0;k<10;k++) { // Zapis do bufora
        printf("Zapis - Komunikat %d\n",k);
        sprintf(buf->text,"Komunikat %d",k);
        sleep(1);
     }
     exit(0);
 }
 // Proces macierzysty P1 czyta z pamięci wspólnej -
 for(i=0;i<10;i++) {
     printf("Odczyt %s\n",buf->text);
     sleep(1);
```

```
 }
 // Czekam na potomny --
 pid = wait(&stat);
 return 0;
}
```

Przykład 1 Procesy P1 i P2 komunikują się przez wspólny obszar pamięci



Rys. 9-4 Schemat użycia segmentu pamięci dzielonej

Sposób wykorzystania wspólnej pamięci do komunikacji pomiędzy procesami.

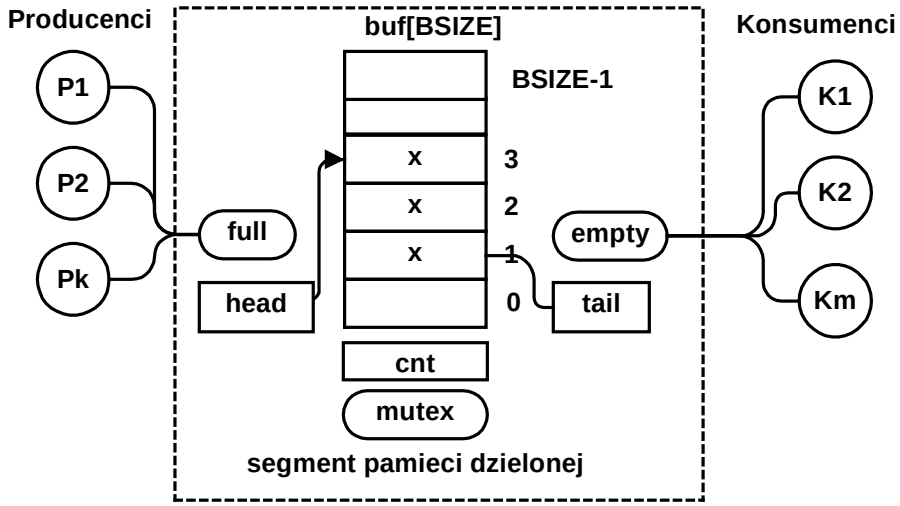
Proces macierzysty P1:

1. Deklaruje zmienną wskaźnikową buf do struktury buf_t.
2. Tworzy segment pamięci o nazwie „Bufor” - funkcja shm_open.
3. Ustala jego wielkość na sizeof(buf_t) - funkcją ftrunc.
4. Udostępnia segment w przestrzeni adresowej inicjując zmienną buf – funkcja mmap.
5. Tworzy proces potomny P2 – funkcja fork.
6. Czyta znaki z bufora buf.

Proces potomny P2:

1. Korzysta z utworzonego, udostępnionego i odwzorowanego jako buf segmentu pamięci.
2. Pisze komunikaty do bufora buf.

9.2 Rozwiązanie problemu producenta i konsumenta – semafory nienazwane



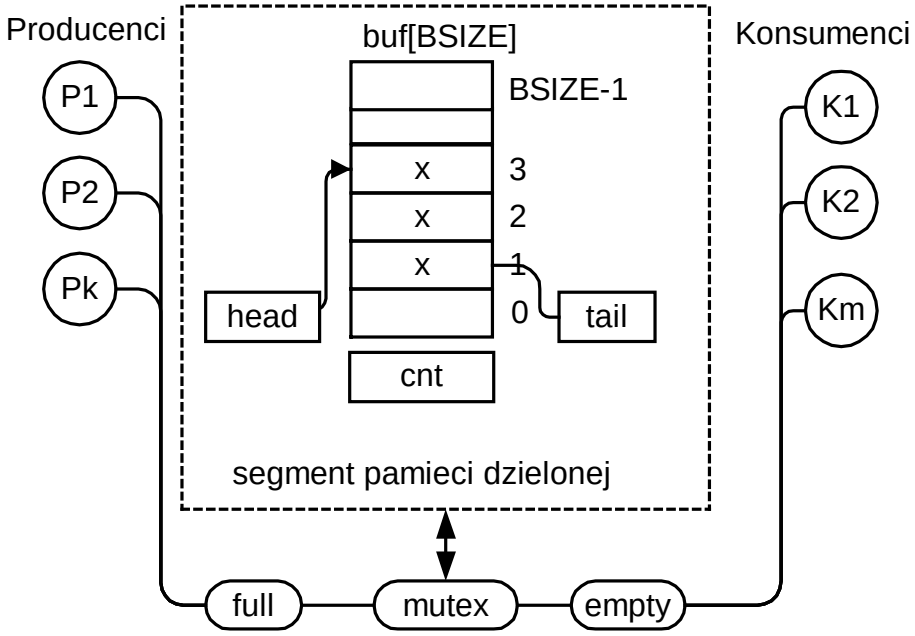

```
#include <sys/mman.h>
#include <fcntl.h>
#include <semaphore.h>
#define BSIZE      4   // Rozmiar bufora
#define LSIZE    80   //  Dlugosc linii
typedef struct {
    char buf[BSIZE][LSIZE];
    int head;
    int tail;
    int cnt;
    sem_t mutex;
    sem_t empty;
    sem_t full;
} bufor_t;

main(int argc,char *argv[]) {
 int i,stat,k, pid, size, fd,res;
 bufor_t  *wbuf ;
 char c;
 // Utworzenie segmentu --------------------------
 shm_unlink("bufor");
 if((fd=shm_open("bufor", O_RDWR|O_CREAT , 0774)) == -1){
   perror("open"); exit(-1);
 }
 printf("fd: %d\n",fd);
 size = ftruncate(fd, BSIZE);
 if(size < 0) {perror("trunc"); exit(-1); }
```

```
// Odwzorowanie segmentu fd w obszar pamieci procesow
wbuf = (bufor_t *)mmap(0,BSIZE,PROT_READ|PROT_WRITE,
        MAP_SHARED, fd, 0);
if(wbuf == NULL) {perror("map");  exit(-1); }

// Inicjacja obszaru -------------------------------
wbuf-> cnt = 0;
wbuf->head = 0;
wbuf->tail = 0;
if(sem_init(&(wbuf->mutex),1,1)){
  perror("mutex");exit(0);
}
if(sem_init(&(wbuf->empty),1,BSIZE)) {
  perror("empty"); exit(0);
}
if(sem_init(&(wbuf->full),1,0)) {
  perror("full"); exit(0);
}
// Tworzenie procesow -------------
if(fork() == 0) { // Producent
   for(i=0;i<10;i++) {
      // printf("Producent: %i\n",i);
      printf("Producent - cnt:%d head: %d tail: %d\n",
              wbuf-> cnt,wbuf->head,wbuf->tail);
      sem_wait(&(wbuf->empty));
      sem_wait(&(wbuf->mutex));
      sprintf(wbuf->buf[wbuf->head],"Komunikat %d",i);
      wbuf-> cnt ++;
      wbuf->head = (wbuf->head +1) % BSIZE;
      sem_post(&(wbuf->mutex));
      sem_post(&(wbuf->full));
      sleep(1);
    }
    shm_unlink("bufor");
    exit(i);
}
 // Konsument -----------------
 for(i=0;i<10;i++) {
    printf("Konsument - cnt: %d odebrano %s\n",wbuf->cnt
            ,wbuf->buf[wbuf->tail]);
    sem_wait(&(wbuf->full));
    sem_wait(&(wbuf->mutex));
    wbuf-> cnt --;
    wbuf->tail = (wbuf->tail +1) % BSIZE;
    sem_post(&(wbuf->mutex));
    sem_post(&(wbuf->empty));
    sleep(1);
}
```

```
 pid = wait(&stat);
 shm_unlink("bufor");
 sem_close(&(wbuf->mutex));
 sem_close(&(wbuf->empty));
 sem_close(&(wbuf->full));
 return 0;
}
```

Przykład 9-2 Rozwiązanie problemu producenta i konsumenta za pomocą semaforów nienazwanych

9.3 Rozwiązanie problemu producenta i konsumenta – semafory nazwane




```
#include <sys/mman.h>
#include <fcntl.h>
#include <semaphore.h>
#define BSIZE     4  // Rozmiar bufora
#define LSIZE    80  // Dlugosc linii

typedef struct { // Obszar wspólny
    char buf[BSIZE][LSIZE];
    int head;
    int tail;
    int cnt;
} bufor_t;

main(int argc,char *argv[]) {
 int i,stat,k, pid, size, fd,res;
 bufor_t  *wbuf ;
 char c;
 sem_t *mutex;
 sem_t *empty;
 sem_t *full;

 // Utworzenie segmentu --------------------------
 shm_unlink("bufor");
 if((fd=shm_open("bufor", O_RDWR|O_CREAT , 0774)) == -1){
   perror("open"); exit(-1);
 }
 printf("fd: %d\n",fd);
```

```
size = ftruncate(fd, BSIZE);
if(size < 0) {perror("trunc"); exit(-1); }
// Odwzorowanie segmentu fd w obszar pamieci procesow
wbuf = ( bufor_t *)mmap(0,BSIZE, PROT_READ|PROT_WRITE,
        MAP_SHARED, fd, 0);
if(wbuf == NULL) {perror("map");  exit(-1); }

// Inicjacja obszaru -------------------------------
wbuf-> cnt = 0;
wbuf->head = 0;
wbuf->tail = 0;

// Utworzenie semaforw ------------------------
mutex = sem_open("mutex",O_CREAT,S_IRWXU,1);
empty = sem_open("empty",O_CREAT,S_IRWXU,BSIZE);
full  = sem_open("full",O_CREAT,S_IRWXU,0);

// Utworzenie procesow ------------------------
if(fork() == 0) { // Producent
   for(i=0;i<10;i++) {
     // printf("Producent: %i\n",i);
     sem_wait(empty);
     sem_wait(mutex);
     printf("Producent - cnt:%d head: %d tail: %d\n",
             wbuf-> cnt,wbuf->head,wbuf->tail);
     sprintf(wbuf->buf[wbuf->head],"Komunikat %d",i);
     wbuf-> cnt ++;
     wbuf->head = (wbuf->head +1) % BSIZE;
     sem_post(mutex);
     sem_post(full);
     sleep(1);
   }
   shm_unlink("bufor");
   exit(i);
}
```

```
  // Konsument ------------------
  for(i=0;i<10;i++) {
     sem_wait(full);
     sem_wait(mutex);
     printf("Konsument - cnt: %d odebrano %s\n",
            wbuf->cnt,wbuf->buf[wbuf->tail]);
     wbuf-> cnt --;
     wbuf->tail = (wbuf->tail +1) % BSIZE;
     sem_post(mutex);
     sem_post(empty);
     sleep(1);
 }
 pid = wait(&stat);
 shm_unlink("bufor");
 sem_close(mutex);    sem_close(empty); sem_close(full);
 sem_unlink("mutex"); sem_unlink("empty");
 sem_unlink("full");
 return 0;
}
```

Przykład 9-3 Rozwiązanie problemu producenta i konsumenta za pomocą semaforów nazwanych