Systemy Operacyjne

Komunikacja międzyprocesowa

Dr hab. inż. Krzysztof Rzecki, prof. AGH

Na podstawie: Abraham Silberschatz, *Koncepcje systemów operacyjnych*

Na podstawie: Richard Stevens, *Unix Network Programming - IPC*

Podstawy komunikacji międzyprocesowej

Procesy uruchomione jednocześnie mogą być:

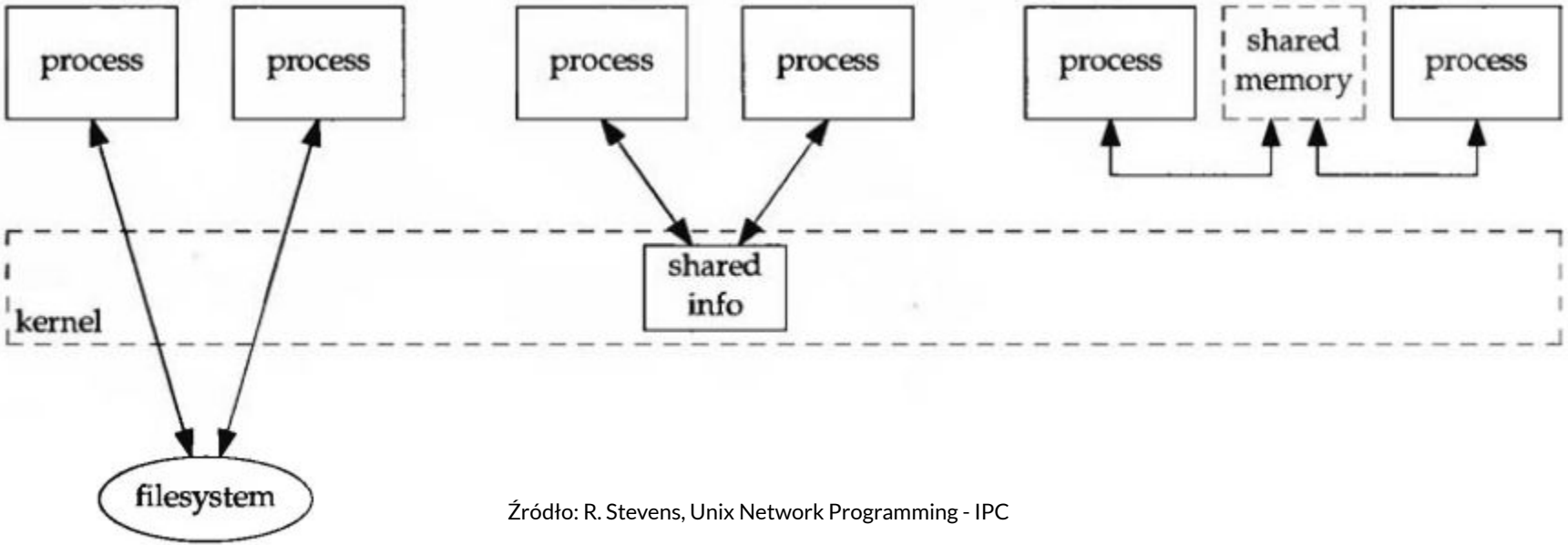
- Niezależne (ang. *independent*) - nie współdzielą danych z żadnym innym wykonywanym procesem w systemie operacyjnym.
- Współpracujące (ang. *cooperating*) - może wpływać lub można na niego wpływać przez inne procesy wykonywane w systemie.

Czy zatem proces odczytujący dane z dysku jest procesem współpracującym, czy niezależnym ?

Zastosowania komunikacji międzyprocesowej

- Współdzielenie informacji
- Przyspieszenie obliczeń
- Modularność oprogramowania

Trzy metody dzielenia informacji

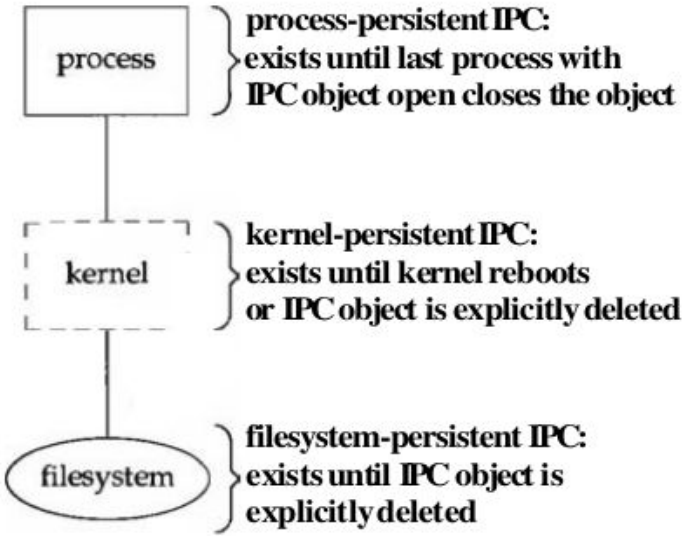


Źródło: R. Stevens, Unix Network Programming - IPC

Implementacje IPC

- Wymiana przez pliki
- Pamięć dzielona
- Sygnały
- Potoki nazwane lub nienazwane
- Semafory
- Kolejki
- Gniazda dziedziny UNIX
- Gniazda udp/tcp
- RPC

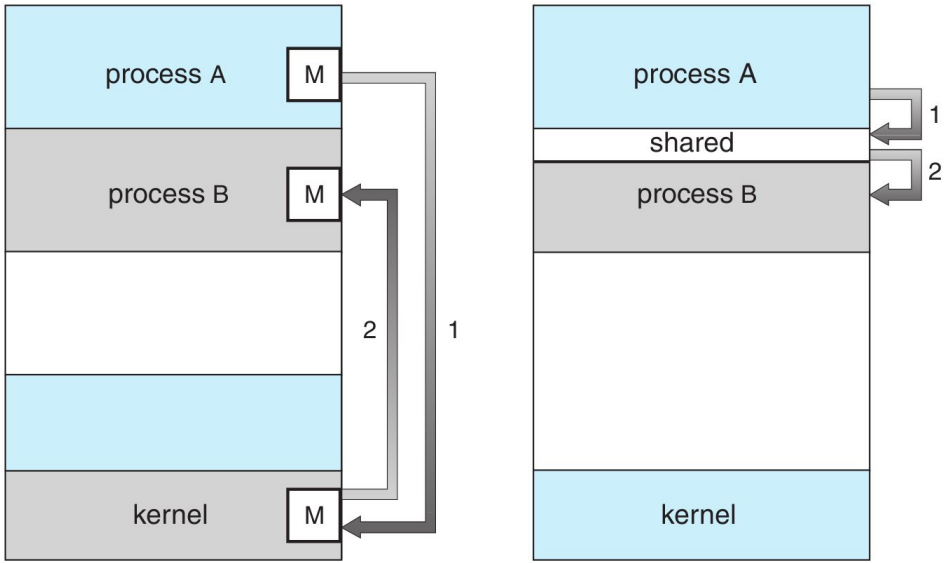
Trwałość obiektów IPC



Type of IPC	Persistence
Pipe	process
FIFO	process
Pcsix mutex	process
Posix condition variable	process
Posix read–write lock	process
`fcntl` record locking	process
Posix message queue	kernel
Pcsix named semaphore	kernel
Pcsix memory-based semaphore	process
Posix shared memory	kernel
System V message queue	kernel
System V semaphore	kernel
System V shared memory	kernel
TCP socket	process
UDP socket	process
Unix domain socket	process

Źródło: R. Stevens, Unix Network Programming - IPC

Modele komunikacji międzyprocesowej (było!)

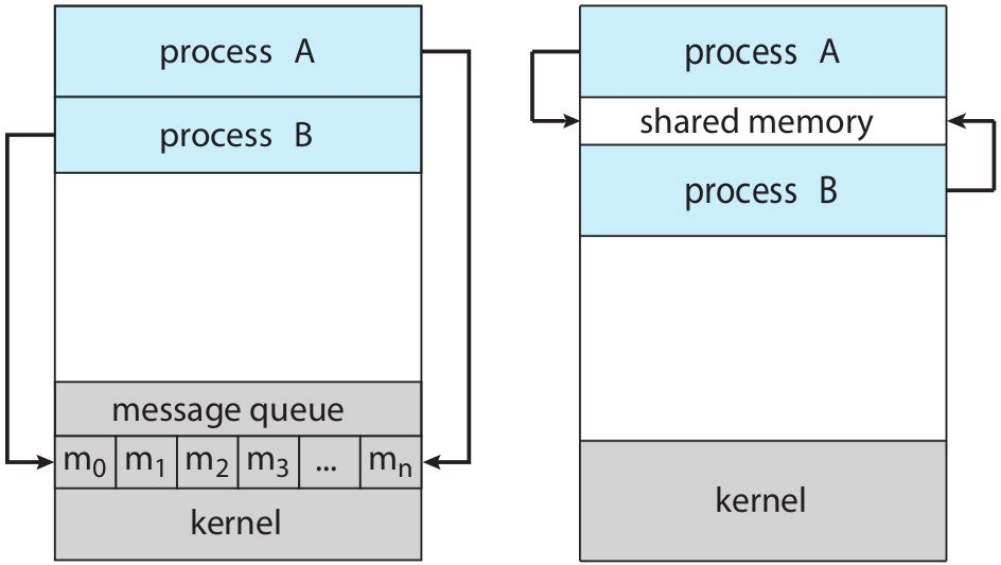


Message passing

Shared memory

Źródło: A. Silberschatz, *Operating Systems Concepts Essentials*

Modele komunikacji międzyprocesowej (nowe!)



Message passing

Shared memory

Źródło: A. Silberschatz, *Operating Systems Concepts Essentials*

Message-Passing Systems

Message-Passing Systems (systemy przekazywania wiadomości):

- Komunikujące się procesy mogą rezydować na różnych stacjach
- Komunikujące się procesy mogą rezydować na różnych typach i wersjach systemów operacyjnych
- Infrastruktura systemu przekazywania wiadomości obejmuje co najmniej dwie operacje:
  - `send(message)`
  - `receive(message)`
- Ze względu na wielkość wiadomości rozróżniamy:
  - System bezpośredni, czyli o stałej długości komunikatów (*straight-forward*) - prosta implementacja w systemie operacyjnym, skomplikowane użytkowanie ze względu na fragmentację,
  - System o zmiennej długości komunikatów (*variable-sized*) - skomplikowana implementacja w systemie operacyjnym, proste użytkowanie.

Communication link

- *Communication link* - logiczne powiązanie między procesami zestawiające kanał komunikacji między nimi. Nie interesuje nas zatem, czy to jest shared memory, szyna sprzętowa, czy sieć.
- Implementacje tego powiązania obejmują zagadnienia:
  - Komunikacji pośredniej i bezpośredniej.
  - Komunikacji synchronicznej i asynchronicznej.
  - Buforowanie automatyczne lub na żądanie.

Komunikacja bezpośrednia

- **Komunikacja bezpośrednia** (ang. *direct communication*) - każdy proces, który uczestniczy w komunikacji musi bezpośrednio wskazać nadawcę, czy odbiorcę:
  - `send(P, message)` - wyślij wiadomość do procesu P.
  - `receive(Q, message)` - odbierz wiadomość od procesu Q.
- Własności:
  - Link jest zestawiany automatycznie, a procesy muszą tylko znać swoją nazwę.
  - Link jest zestawiany dokładnie między dwoma procesami.
  - Między każdą parą komunikujących się procesów zestawiany jest dokładnie jeden link.
  - Występuje symetria w adresacji (P, Q), choć spotykane są warianty asymentryczne (np. P i id).

Komunikacja pośrednia

- **Komunikacja pośrednia** (ang. *indirect communication*) - procesy komunikują się przez skrzynki (ang. *mailbox*) lub porty identyfikowane np. przez liczby całkowite:
  - `send(A, message)` - wyślij wiadomość do skrzynki A.
  - `receive(A, message)` - odbierz wiadomość ze skrzynki A.
- Własności:
  - Link jest zestawiany między parą współdzielących skrzynkę procesów.
  - Link jest może zostać zestawiony przez większą liczbę procesów.
  - Między każdą parą komunikujących się procesów mogą istnieć różne linki komunikacyjne.
- System operacyjny musi obsłużyć następujące mechanizmy:
  - Utworzenie skrzynki.
  - Wysłanie i odebranie wiadomości do i ze skrzynki.
  - Usunięcie skrzynki.

(Rysunek na tablicy!)

Synchronizacja

- Komunikacja synchroniczna, blokująca:
  - Blokujące wysyłanie - proces wysyłający jest zablokowany na wysyłaniu, aż wysyłana wiadomość zostanie odebrana przez proces odbierający lub skrzynkę.
  - Blokujący odbiór - odbiorca zostaje zablokowany do czasu otrzymania wiadomości.
- Komunikacja asynchroniczna, nieblokująca
  - Nieblokujące wysyłanie - proces wysyłający wysyła wiadomość i nie jest blokowany na metodzie wysyłającej.
  - Nieblokujący odbiór - odbiorca otrzymuje gotową wiadomość lub informację o braku jej dostępności.

W przypadku blokującego nadawcy i odbiorcy mamy do czynienia z ang. *Rendezvous*.

(Rysunek na tablicy!)

Buforowanie

- Pojemność zerowa (ang. *zero capacity*) - maksymalna długość kolejki wynosi zero, czyli link komunikacyjny nie może mieć żadnej wiadomości oczekującej w sobie, co oznacza, że nadawca musi zostać zablokowany do czasu odbioru wiadomości przez odbiorcę.
- Ograniczona pojemność (ang. *bounded capacity*) - kolejka ma określoną, skończoną długość *n*, czyli co najwyżej *n* wiadomości może zostać umieszczonych w kolejce. Jeśli kolejka nie jest pełna, można dołożyć wiadomość (nadawca zostaje zablokowany), jeśli kolejka jest pusta, nie można pobrać żadnej wiadomości (odbiorca zostaje zablokowany).
- Nieograniczona pojemność (ang. *unbounded capacity*) - długość kolejki jest potencjalnie nieskończona (nadawca nigdy nie jest blokowany).

(Rysunek na tablicy!)

POSIX Shared Memory

- Tworzenie dowiązania do wspólnej przestrzeni w pamięci:
  - `int fd = shm_open(name, O_CREAT | O_RDWR, 0666);  // pisanie i czytanie`
  - `int fd = shm_open(name, O_RDONLY, 0666);  // tylko czytanie`
- Ustawianie wielkości pamięci dzielonej:
  - `ftruncate(fd, 4096);`
- Utworzenie miejsca w pamięci:
  - `ptr = (char *) mmap (0, SIZE, PROT_READ | PROT_WRITE, MAP_SHARED, fd, 0);`
- Pisanie do pamięci dzielonej:
  - `sprintf(ptr, "%s", message);  // umieszczenie komunikatu w miejscu 'ptr'`
  - `ptr += strlen(message);  // przesunięcie wskazania w pamięci`
- Czytanie z pamięci dzielonej:
  - `printf("%s", (char *)ptr);`
- Usunięcie obiektu współdzielonego:
  - `shm_unlink(name);`

POSIX Shared Memory

Description	mq_open	sem_open	shm_open
read-only	O_RDONLY		O_RDONLY
write-only	O_WRONLY		
read-write	O_RDWR		O_RDWR
create if it does not already exist	O_CREAT	O_CREAT	O_CREAT
exclusive create	O_EXCL	O_EXCL	O_EXCL
nonblocking mode	O_NONBLOCK		
truncate if it already exists			O_TRUNC

Źródło: R. Stevens, Unix Network Programming - IPC

System V IPC

	Message queues	Semaphores	Shared memory
Header	`<sys/msg.h>`	`<sys/sem.h>`	`<sys/shm.h>`
Function to create or open	`msgget`	`semget`	`shmget`
Function for control operations	`msgctl`	`semctl`	`shmctl`
Functions for IPC operations	`msgsnd` `msgrcv`	`semop`	`shmat` `shmdt`

Źródło: R. Stevens, Unix Network Programming - IPC

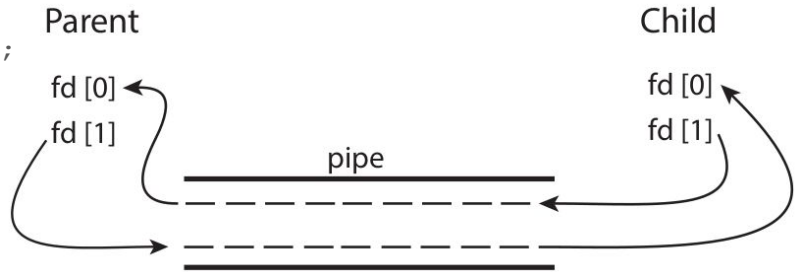
Potok (ang. *pipe*)

- Jedne z pierwszych metod IPC, jedna z najprostszych form komunikacji.
- Przy projektowaniu potoków należy uwzględnić cztery kwestie:
  - Czy potok pozwala na dwukierunkową (ang. *bidirectional*), czy jest to jednokierunkowa (ang. *unidirectional*) komunikacja ?
  - Jeśli możliwa jest komunikacja dwukierunkowa, to czy jest ona half duplex (dane przesyłane są tylko w jednym kierunku w danym momencie), czy full duplex (dane przesyłane są w obu kierunkach w danym momencie) ?
  - Czy jest relacja między komunikującymi się procesami (np. rodzic - dziecko) ?
  - Czy potoki mogą komunikować się poprzez sieć, czy tylko między procesami na tej samej maszynie ?

Potok zwykły (ang. *ordinary pipe)*

- Utworzenie potoku:
  - `int fd[2];`
  - `pipe(int fd[])`
- Pisanie do potoku (deskryptor fd[1]):
  - `write(fd[WRITE END], write msg, strlen(write msg)+1);`
- Czytanie z potoku (deskryptor fd[0]):
  - `read(fd[READ END], read msg, BUFFER SIZE);`
- Potok w praktyce:
  - `ls | less`
  - `cat file.txt | wc -l`

(Przedyskutować efekt użycia fork())



Źródło: A. Silberschatz, *Operating Systems Concepts Essentials*

Gniazda i komunikacja sieciowa

Osobny wykład.