Kurs administrowania systemem Linux

Zajęcia nr 4: Powłoka systemowa: deskryptory plików

Instytut Informatyki Uniwersytetu Wrocławskiego

20 marca 2025

Deskryptory plików w Linuksie

- Deskryptory: małe liczby nieujemne identyfikujące otwarte pliki procesu.
- Są używane do indeksowania FDT — *tablicy deskryptorów plików*.
- Każdy proces ma własną tablicę deskryptorów dostępną z PCB (*Process Control Block*).
- Element tej tablicy: FDT[d] — wskaźnik na strukturę jądra przechowującą informacje o otwartym pliku (`struct file *`) którego deskryptorem jest d.
- Dla przestrzeni użytkownika deskryptory są „uchwytami" (identyfikatorami, nazwami) otwartych plików.
- Syscall `getdtablesize(2)` i polecenie Basha `ulimit -n` ujawniają maksymalny rozmiar tablicy deskryptorów procesu (obecnie przeważnie 65536).
- Największy poprawny deskryptor: powyższa liczba minus jeden (przeważnie 65535). Najmniejszy: 0.

Deskryptory plików w Linuksie (2)

- Konwencja: deskryptory `0`, `1` i `2` to standardowe strumienie wejściowy, wyjściowy i błędów.
- Te deskryptory konfiguruje procesowi jego rodzic (plus być może dodatkowe).
- Linki symboliczne w katalogach `/proc/`*`PID`*`/fd`.
- Linki symboliczne w katalogu `/proc/self/fd`.
- Uwaga: `/proc/self` jest linkiem symbolicznym do `/proc/`*`PID`*`/`. Każdy proces „widzi” ten link inaczej.
- `procfs` jest symulowanym przez jądro systemem plików zamontowanym w katalogu `/proc`.
- Dodatkowe statyczne linki symboliczne z pseudosystemu plików `udev` zamontowanego w katalogu `/dev`:

```
/dev/fd -> /proc/self/fd
/dev/stdin -> /proc/self/fd/0
/dev/stdout -> /proc/self/fd/1
/dev/stderr -> /proc/self/fd/2
```

Deskryptory plików w Linuksie (3)

```
$ ls -l /proc/self/fd/
total 0
lrwx------ 1 user user 64 Mar 16 17:43 0 -> /dev/pts/1
lrwx------ 1 user user 64 Mar 17 12:17 1 -> /dev/pts/1
lrwx------ 1 user user 64 Mar 17 12:17 2 -> /dev/pts/1
lrwx------ 1 user user 64 Mar 17 12:17 3 -> /proc/3232/fd
```

Deskryptory plików w Linuksie (3)

```
$ ls -l /proc/$$/fd/
total 0
lrwx------ 1 user user 64 Mar 16 17:43 0 -> /dev/pts/1
lrwx------ 1 user user 64 Mar 17 12:17 1 -> /dev/pts/1
lrwx------ 1 user user 64 Mar 17 12:17 2 -> /dev/pts/1
lrwx------ 1 user user 64 Mar 17 12:17 255 -> /dev/pts/1
```

Deskryptory plików w Linuksie (3)

```
$ cat /home/user/script.sh
ls -l /proc/$$/fd/
$ bash /home/user/script.sh
total 0
lrwx------ 1 user user 64 Mar 17 12:17 0 -> /dev/pts/1
lrwx------ 1 user user 64 Mar 17 12:17 1 -> /dev/pts/1
lrwx------ 1 user user 64 Mar 17 12:17 2 -> /dev/pts/1
lrwx------ 1 user user 64 Mar 17 12:17 255 -> /home/user/script.sh
```

Deskryptory plików w Linuksie (3)

```
$ ulimit -n
65536
$ exec 65535> file1
$ ls -l /proc/$$/fd/
total 0
lrwx------ 1 user user 64 Mar 16 17:43 0 -> /dev/pts/1
lrwx------ 1 user user 64 Mar 17 12:17 1 -> /dev/pts/1
lrwx------ 1 user user 64 Mar 17 12:17 2 -> /dev/pts/1
lrwx------ 1 user user 64 Mar 17 12:17 255 -> /dev/pts/1
l-wx------ 1 user user 64 Mar 17 12:17 65535 -> /home/user/tmp/file1
```

Deskryptory plików w Linuksie (3)

```
$ ulimit -n
65536
$ exec 65535> file1
$ ls -l /proc/$$/fd/
total 0
lrwx------ 1 user user 64 Mar 16 17:43 0 -> /dev/pts/1
lrwx------ 1 user user 64 Mar 17 12:17 1 -> /dev/pts/1
lrwx------ 1 user user 64 Mar 17 12:17 2 -> /dev/pts/1
lrwx------ 1 user user 64 Mar 17 12:17 255 -> /dev/pts/1
l-wx------ 1 user user 64 Mar 17 12:17 65535 -> /home/user/tmp/file1
```

Dygresja: `symlink(7)`

On Linux, the permissions of a symbolic link are not used in any operations; **the permissions are always 0777** (read, write, and execute for all user categories), and can't be changed.

Deskryptory plików w Linuksie (3)

```
$ exec 65536> file2
bash: 65536: Bad file descriptor
$ ls -l /proc/$$/fd/
total 0
lrwx------ 1 user user 64 Mar 16 17:43 0 -> /dev/pts/1
lrwx------ 1 user user 64 Mar 17 12:17 1 -> /dev/pts/1
lrwx------ 1 user user 64 Mar 17 12:17 2 -> /dev/pts/1
l-wx------ 1 user user 64 Mar 17 12:18 3 -> /home/user/tmp/file2
lrwx------ 1 user user 64 Mar 17 12:17 255 -> /dev/pts/1
l-wx------ 1 user user 64 Mar 17 12:17 65535 -> /home/user/tmp/file1
```

Deskryptory plików w Linuksie (3)

```
$ exec 3>&-
$ exec 65535>&-
$ ls -l /proc/$$/fd/
total 0
lrwx------ 1 user user 64 Mar 16 17:43 0 -> /dev/pts/1
lrwx------ 1 user user 64 Mar 17 12:17 1 -> /dev/pts/1
lrwx------ 1 user user 64 Mar 17 12:17 2 -> /dev/pts/1
lrwx------ 1 user user 64 Mar 17 12:17 255 -> /dev/pts/1
```

Dygresja: ojciec i syn w Bashu (proces potomny vs. „podproces”)

```
# echo $$; (echo $$)
```

Dygresja: ojciec i syn w Bashu (proces potomny vs. „podproces”)

```
# echo $$; (echo $$)
1590
1590
# echo \$BASHPID = $BASHPID; echo \$\$ = $$; echo \$PPID = $PPID
$BASHPID = 1079          # ten proces (Bash)
$$ = 1079                # ten proces (Posix)
$PPID = 1057             # ojciec tego procesu (Posix)
# (echo \$BASHPID = $BASHPID; echo \$\$ = $$; echo \$PPID = $PPID)
$BASHPID = 1594          # ten podproces (Bash)
$$ = 1079                # ojciec tego podprocesu (Posix)
$PPID = 1057             # ojciec ojca tego podprocesu (Posix)
# bash -c 'echo \$BASHPID = $BASHPID; echo \$\$ = $$; echo \$PPID = $PPID'
$BASHPID = 1595          # ten proces (Bash)
$$ = 1592                # ten proces (Posix)
$PPID = 1079             # ojciec tego procesu (Posix)
```

Przekierowania

```
$ /bin/ls -l /proc/self/fd/
```

```
total 0
lrwx------ 1 user user 64 Mar 10 19:18 0 -> /dev/pts/4
lrwx------ 1 user user 64 Mar 10 19:18 1 -> /dev/pts/4
lrwx------ 1 user user 64 Mar 10 19:18 2 -> /dev/pts/4
lr-x------ 1 user user 64 Mar 10 19:18 3 -> /proc/93546/fd
```

Przekierowania

```
$ /bin/ls -l /proc/self/fd/ < /home/user/myfile.txt
```

```
total 0
lrwx------ 1 user user 64 Mar 10 19:18 0 -> /home/user/myfile.txt
lrwx------ 1 user user 64 Mar 10 19:18 1 -> /dev/pts/4
lrwx------ 1 user user 64 Mar 10 19:18 2 -> /dev/pts/4
lr-x------ 1 user user 64 Mar 10 19:18 3 -> /proc/93546/fd
```

Przekierowania

```
$ /bin/ls -l /proc/self/fd/ | cat
```

```
total 0
lrwx------ 1 user user 64 Mar 10 19:18 0 -> /dev/pts/4
lrwx------ 1 user user 64 Mar 10 19:18 1 -> pipe:[36547]
lrwx------ 1 user user 64 Mar 10 19:18 2 -> /dev/pts/4
lr-x------ 1 user user 64 Mar 10 19:18 3 -> /proc/93546/fd
```

Składnia przekierowań

Otwarcie pliku do zapisu

`d>` *plik* (*plik* zostaje wyzerowany (chyba że `set -o noclobber`, wtedy błąd) lub utworzony)
`d>|` *plik* (*plik* zostaje wyzerowany (nawet jeśli jest `set -o noclobber`) lub utworzony)
`d>>` *plik* (*plik* zostaje przewinięty na koniec lub utworzony)

Otwarcie pliku do odczytu bądź zapisu/odczytu

`d<` *plik* oraz `d<>` *plik*

Skopiowanie istniejącego deskryptora (wybór >/< bez znaczenia)

`d>& d'` oraz `d<& d'`

Przeniesienie istniejącego deskryptora (wybór >/< bez znaczenia)

`d>& d'-` oraz `d<& d'-`

Zamknięcie deskryptora (wybór >/< bez znaczenia)

`d>& -` oraz `d<& -`

Uwaga: `d` można pominąć — `d` = 1 dla >, >>, >|, >&; 0 dla <, <& i <> (sic!).

Semantyka przekierowań

1. `echo Message >&2 2>/dev/null` — ?
2. `echo Message 2>/dev/null >&2` —
3. `echo Message 2>&1 2>/dev/null` —
4. `echo Message 2>&1- 2>/dev/null` —

```
$ echo Message >&2 2>/dev/null
```

???

Semantyka przekierowań

1. `echo Message >&2 2>/dev/null` — jest
2. `echo Message 2>/dev/null >&2` —
3. `echo Message 2>&1 2>/dev/null` —
4. `echo Message 2>&1- 2>/dev/null` —

```
$ echo Message >&2 2>/dev/null
```

```
Message
```

Semantyka przekierowań

1. `echo Message >&2 2>/dev/null` — jest
2. `echo Message 2>/dev/null >&2` — ?
3. `echo Message 2>&1 2>/dev/null` —
4. `echo Message 2>&1- 2>/dev/null` —

```
$ echo Message 2>/dev/null >&2
```

???

Semantyka przekierowań

1. `echo Message >&2 2>/dev/null` — jest
2. `echo Message 2>/dev/null >&2` — nie ma
3. `echo Message 2>&1 2>/dev/null` —
4. `echo Message 2>&1- 2>/dev/null` —

```
$ echo Message 2>/dev/null >&2
```

nic nie zostanie wypisane na konsoli

Semantyka przekierowań

1. `echo Message >&2 2>/dev/null` — jest
2. `echo Message 2>/dev/null >&2` — nie ma
3. `echo Message 2>&1 2>/dev/null` — ?
4. `echo Message 2>&1- 2>/dev/null` —

```
$ echo Message 2>&1 2>/dev/null
```

???

Semantyka przekierowań

1. `echo Message >&2 2>/dev/null` — jest
2. `echo Message 2>/dev/null >&2` — nie ma
3. `echo Message 2>&1 2>/dev/null` — jest
4. `echo Message 2>&1- 2>/dev/null` —

```
$ echo Message 2>&1 2>/dev/null
```

```
Message
```

Semantyka przekierowań

1. `echo Message >&2 2>/dev/null` — jest
2. `echo Message 2>/dev/null >&2` — nie ma
3. `echo Message 2>&1 2>/dev/null` — jest
4. `echo Message 2>&1- 2>/dev/null` — ?

```
$ echo Message 2>&1- 2>/dev/null
```

???

Semantyka przekierowań

1. `echo Message >&2 2>/dev/null` — jest
2. `echo Message 2>/dev/null >&2` — nie ma
3. `echo Message 2>&1 2>/dev/null` — jest
4. `echo Message 2>&1- 2>/dev/null` — nie ma

```
$ echo Message 2>&1- 2>/dev/null
```

nic nie zostanie wypisane na konsoli

Semantyka przekierowań

1. `echo Message >&2 2>/dev/null` — jest
2. `echo Message 2>/dev/null >&2` — nie ma
3. `echo Message 2>&1 2>/dev/null` — jest
4. `echo Message 2>&1- 2>/dev/null` — nie ma

```
$ echo Message
```

Kolejność przekierowań

Przekierowania są wykonywane natychmiast („gorliwie”) w kolejności od lewej do prawej.

Składnia przekierowań (2)

Przekierowania mogą wystąpić w dowolnym miejscu instrukcji prostej ...

```
ls /bin >file1
>file1 ls /bin
> file1 ls /bin
ls >file1 /bin
ls > file1 /bin
```

... lub *po* instrukcji złożonej ...

```
if true; then echo Yes; fi >file1
```

... ale nie przed ...

```
>file1 if true; then echo Yes; fi
bash: syntax error near unexpected token ‘then’
```

... a w środku?

Składnia przekierowań (3)

Białe znaki

- W odróżnieniu od słów, operatory nie wymagają (ale i nie zabraniają — z wyjątkami!) oddzielania białymi znakami od sąsiadujących tokenów:

```
ls /bin>file1
ls /bin >file1
ls /bin > file1
(>file1 ls)            # dwa operatory obok siebie: ( i >
```

- Operatory przekierowania nie mogą być oddzielone od *poprzedzających* argumentów:

```
ls 2>& 1
ls 2 >& 1              # 2 jest argumentem ls
```

Dygresja: wypisywanie na terminal a przekierowania do pliku w `libc`

Buforowanie w bibliotece libc(7)

- `fwrite(3)` do `stdout(3)` jest buforowane wierszami, jeśli `stdout` jest terminalem.
- `fwrite` do `stdout` ma wielowierszowy bufor, jeśli `stdout` nie jest terminalem (jeśli tekstu jest mało, to zwykle jest wypisywany jednym syscallem na zakończenie programu).
- `stderr` nie jest buforowany.

Przekierowania obu strumieni wyjściowych

```
program >file1 2>&1
program 1>file1 2>&1
program &>file1

program 2>&1 | ...    # przekierowanie wykonywane po połączeniu w potok
program &| ...
```

Jeśli *program* korzysta z `libc` i wypisuje teksty zarówno do `stdout`, jak i `stderr`, to wiersze pliku `file1` mogą mieć inną kolejność, niż przy wypisywaniu na ekran!

Dostęp procesu do plików w Linuksie

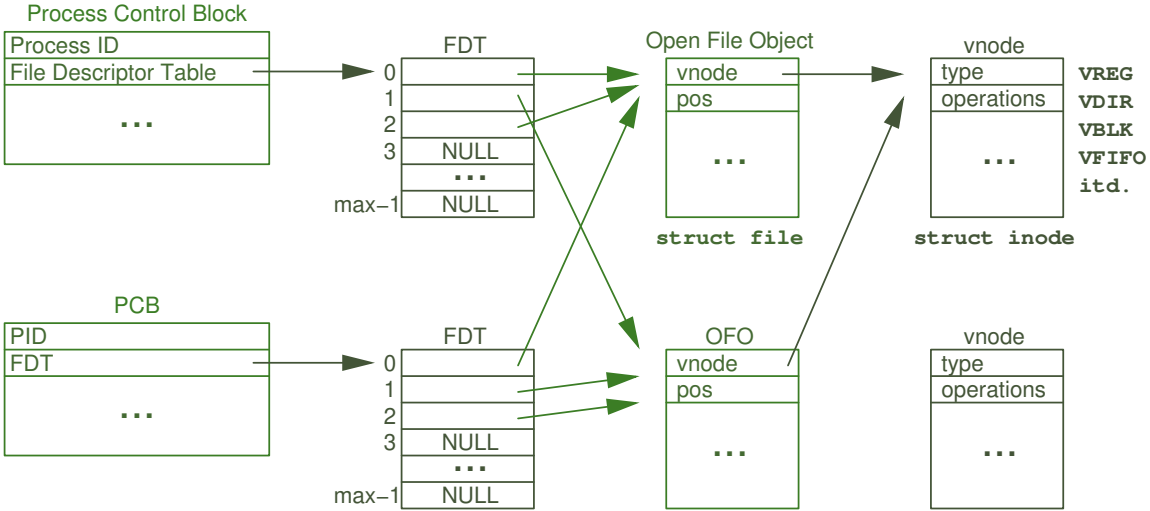
Metadane każdego procesu są przechowywane w strukturze *Process Control Block* (PCB) w *tablicy procesów*, zawierającej m. in.:

- ID procesu (PID),
- stan procesu,
- tablicę otwartych plików: *File Descriptor Table* (FDT).

Informacje o otwartych plikach:

- FDT to tablica wskaźników na struktury *Open File Object* (w Linuksie `struct file`) przechowywane w tablicy otwartych plików.
- FDT jest indeksowana liczbami naturalnymi 0, 1, 2,... zwanymi *deskryptorami plików* danego procesu.
- OFO zawiera wskaźnik na v-node (virtual node), tryb dostępu, pozycję w pliku itp.
- v-node opisuje jeden konkretny plik w systemie plików.
- v-node'y istnieją tylko dla plików będących w użyciu.
- Wiele OFO może wskazywać na ten sam v-node (na ten sam plik).

Deskryptory plików w Linuksie



Operacje na plikach

`int open(const char *pathname, int flags)`

- Wyszukuje v-node pliku `pathname`. Jeśli go nie ma, to tworzy go w pamięci.
- Tworzy nowy OFO wskazujący na ten v-node i ustala jego tryb na `flags` (`O_RDONLY`, `O_WRONLY`, `O_RDWR` itp.).
- Zwiększa refcount v-node'a.
- Znajduje wolny deskryptor w FDT i wstawia tam wskaźnik na utworzony OFO.
- Zwraca deskryptor pliku.

`int close(int fd)`

- Zmniejsza refcount OFO wskazywanego przez `fd`.
- Jeśli spadł do zera, to usuwa OFO i zmniejsza refcount v-noda wskazywanego przez OFO.
- Jeśli spadł do zera, to usuwa v-node'a.
- Wpisuje `NULL` w pozycji `fd` w tablicy FDT procesu.

Kopiowanie deskryptorów i refcount OFO

Dlaczego refcount OFO może być większy niż 1?

- `fork` tworzy kopię PCB i kopię FDT.
- `dup` kopiuje deskryptory plików.

```
int dup(int oldfd)
int dup2(int oldfd, int newfd)
int dup3(int oldfd, int newfd, int flags)
```

- `dup` znajduje wolny deskryptor w FD i kopiuje wpis `oldfd` w FDT.
- `dup2` kopiuje element `oldfd` tablicy FDT do wskazanego elementu `newfd`.
- `dup3` modyfikuje dodatkowo flagę *close-on-exec* elementu `newfd` tablicy FDT.

Jak bash przygotowuje podproces do wykonania?

Utwórz `fork`-iem proces potomny i przekaż mu do wykonania instrukcję z przekierowaniami.

Wykonanie instrukcji z przekierowaniami w podprocesie:

- Zamknij wszystkie deskryptory powyżej 2.
- Zmodyfikuj deskryptory 0–2 zgodnie z charakterem instrukcji.
- Wykonaj wszystkie przekierowania od lewej do prawej.
- Wykonaj `exec`.

Implementacja przekierowań

`n > file`

```
int k = open(file, O_WRONLY|O_CREAT);
dup2(k,n);
close(k);
```

Implementacja przekierowań

`n > file` (i włączony `noclobber`)

```
int k = open(file, O_WRONLY|O_CREAT|O_EXCL);
dup2(k,n);
close(k);
```

Implementacja przekierowań

`n >| file` (nawet jeśli włączony `noclobber`)

```
int k = open(file, O_WRONLY|O_CREAT);
dup2(k,n);
close(k);
```

Implementacja przekierowań

`n < file`

```
int k = open(file, O_RDONLY);
dup2(k,n);
close(k);
```

Implementacja przekierowań

`n <> file`

```
int k = open(file, O_RDWR|O_CREAT);
dup2(k,n);
close(k);
```

Implementacja przekierowań

`n >> file`

```
int k = open(file, O_WRONLY|O_APPEND|O_CREAT);
dup2(k,n);
close(k);
```

Implementacja przekierowań

`n >> file`

```
int k = open(file, O_WRONLY|O_APPEND|O_CREAT);
dup2(k,n);
close(k);
```

`n >& m`

```
dup2(m,n)
```

Kierunek: `FDT[n] := FDT[m]`

Implementacja przekierowań

`n >> file`

```
int k = open(file, O_WRONLY|O_APPEND|O_CREAT);
dup2(k,n);
close(k);
```

`n >& m -`

```
dup2(m,n)
close(m)
```

Implementacja przekierowań

`n >> file`

```
int k = open(file, O_WRONLY|O_APPEND|O_CREAT);
dup2(k,n);
close(k);
```

`n >& -`

```
close(n)
```

Implementacja przekierowań

`n >> file`

```
int k = open(file, O_WRONLY|O_APPEND|O_CREAT);
dup2(k,n);
close(k);
```

`n >&-` (operatory nie potrzebują spacji)

```
close(n)
```

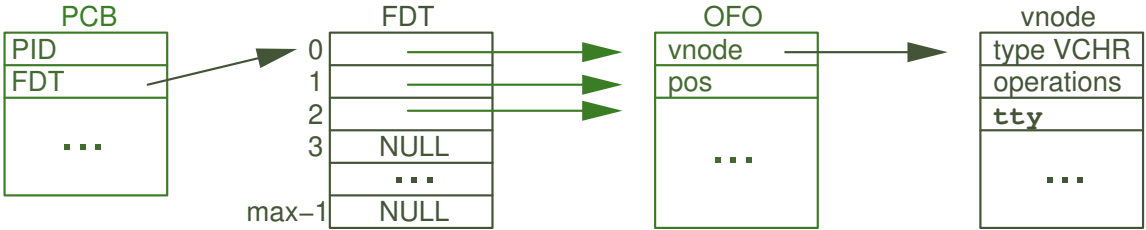
Przykład

```
RESULT=$(program arg1 ... argn 3>&1 1>&2 2>&3 3>&-)
```

Wykonanie konstrukcji `$(...)`:

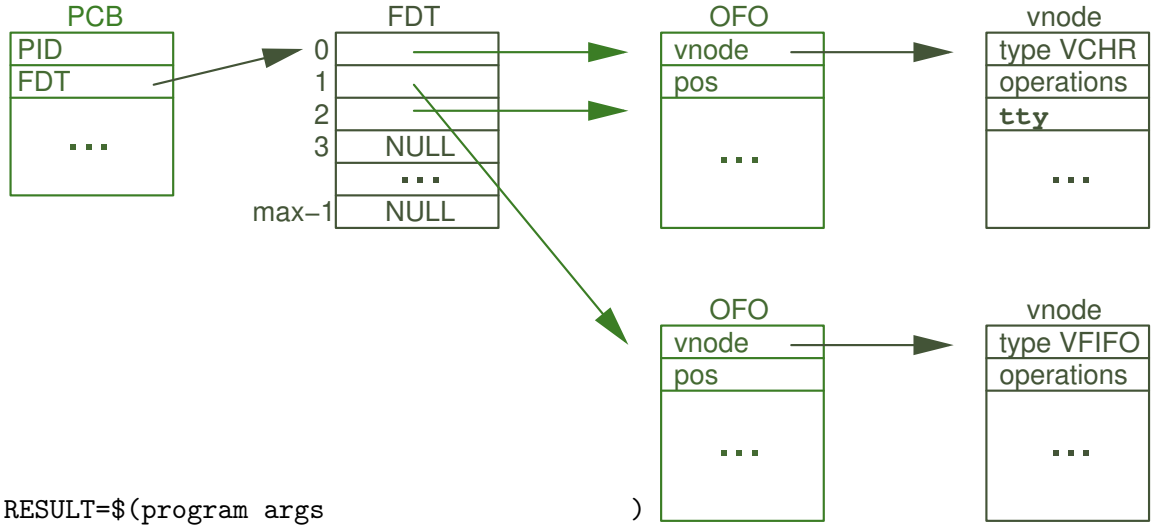
- bash tworzy nowy potok (*fifo*),
- standardowe wyjście `program`-u jest przekierowane do tego potoku,
- bash czyta zawartość tego potoku i tworzy napis (przypisany następnie do zmiennej środowiskowej `RESULT`).

Zamiana deskryptorów miejscami



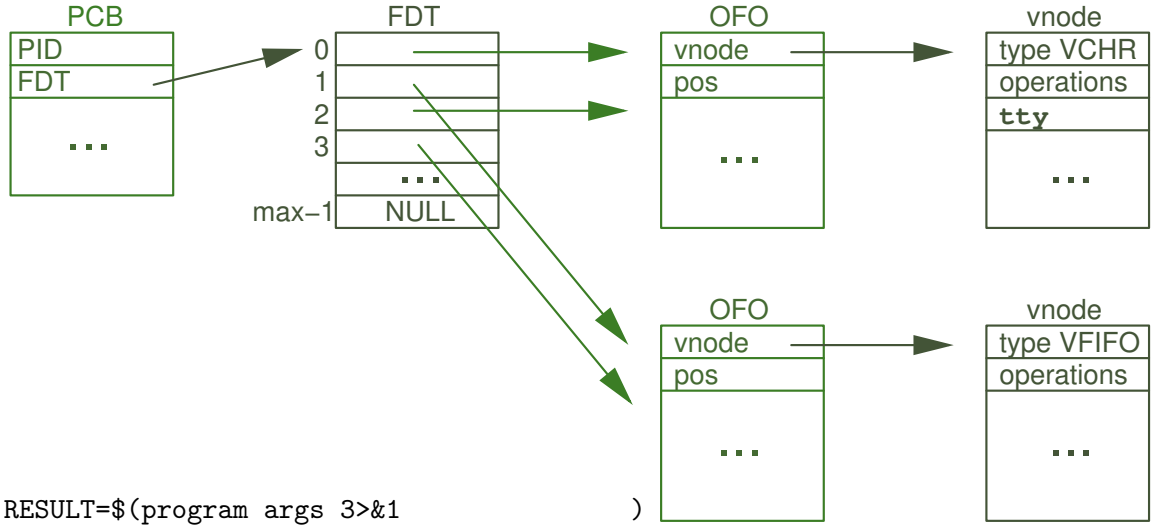

```
program args
```

Zamiana deskryptorów miejscami



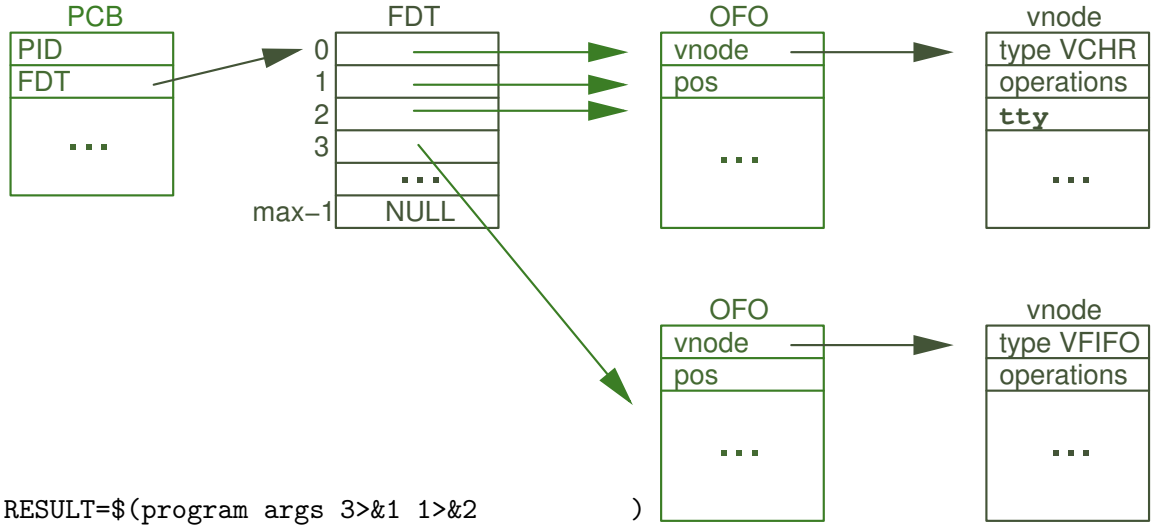

```
RESULT=$(program args                    )
```

Zamiana deskryptorów miejscami



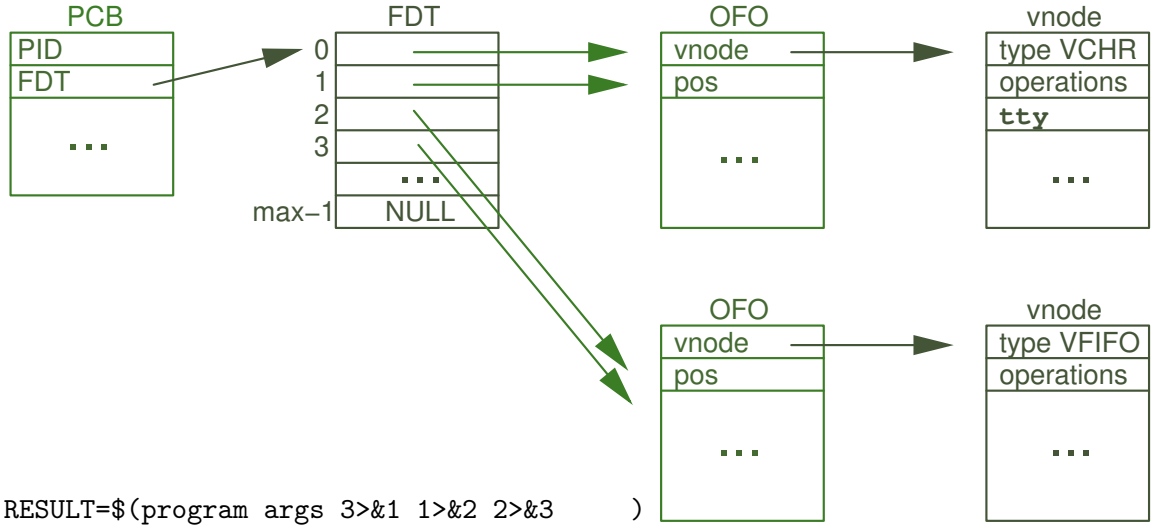

```
RESULT=$(program args 3>&1                    )
```

Zamiana deskryptorów miejscami



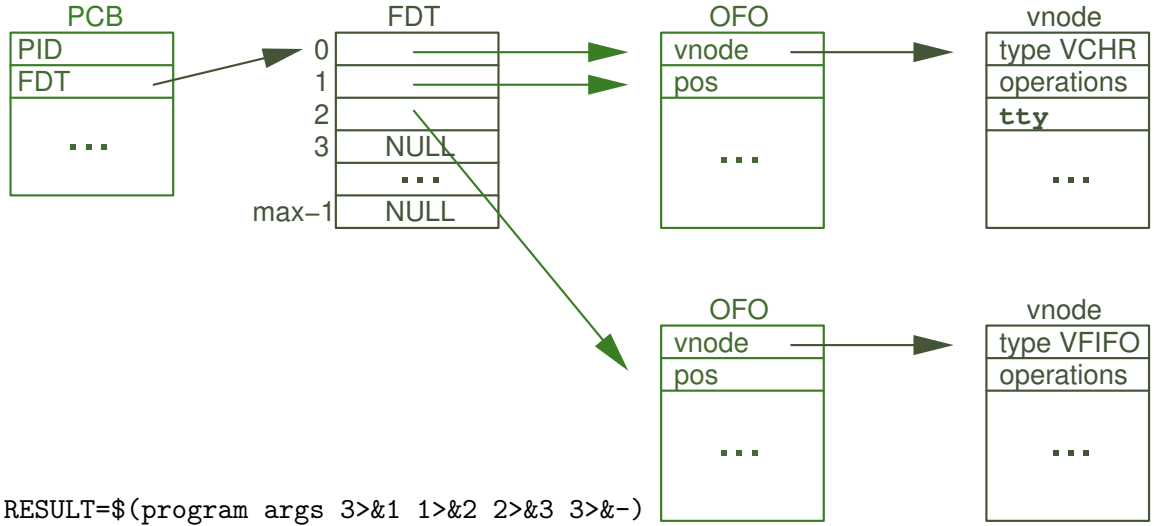

```
RESULT=$(program args 3>&1 1>&2          )
```

Zamiana deskryptorów miejscami




```
RESULT=$(program args 3>&1 1>&2 2>&3      )
```

Zamiana deskryptorów miejscami




```
RESULT=$(program args 3>&1 1>&2 2>&3 3>&-)
```

Eksperymenty (1)

```
$ echo $(ls -lAF /proc/self/fd/)
total 0 lrwx------ 1 user user 64 Mar 18 04:22 0 -> /dev/pts/1 l-wx------ 1
user user 64 Mar 18 04:22 1 -> pipe:[33264] lrwx------ 1 user user 64 Mar
18 04:22 2 -> /dev/pts/1 lr-x------ 1 user user 64 Mar 18 04:22 3 ->
/proc/7321/fd/
```

Co poszło źle?

Eksperymenty (1)

```
$ echo $(ls -lAF /proc/self/fd/)
total 0 lrwx------ 1 user user 64 Mar 18 04:22 0 -> /dev/pts/1 l-wx------ 1
user user 64 Mar 18 04:22 1 -> pipe:[33264] lrwx------ 1 user user 64 Mar
18 04:22 2 -> /dev/pts/1 lr-x------ 1 user user 64 Mar 18 04:22 3 ->
/proc/7321/fd/
```

Co poszło źle?

```
$ echo "$(ls -lAF /proc/self/fd/)"
total 0
lrwx------ 1 user user 64 Mar 18 04:22 0 -> /dev/pts/1
l-wx------ 1 user user 64 Mar 18 04:22 1 -> pipe:[33264]
lrwx------ 1 user user 64 Mar 18 04:22 2 -> /dev/pts/1
lr-x------ 1 user user 64 Mar 18 04:22 3 -> /proc/7321/fd/
```

Eksperymenty (2)

```
$ echo "$(ls -lAF /proc/$$/fd/)"
total 0
lrwx------ 1 user user 64 Mar 18 04:22 0 -> /dev/pts/1
lrwx------ 1 user user 64 Mar 18 04:22 1 -> /dev/pts/1
lrwx------ 1 user user 64 Mar 18 04:22 2 -> /dev/pts/1
lrwx------ 1 user user 64 Mar 18 04:22 255 -> /dev/pts/1
lr-x------ 1 user user 64 Mar 18 04:22 3 -> pipe:[33353]
```

Eksperymenty (3)

```
$ echo "$(ls -lAF /proc/self/fd/ 3>&1 1>&2 2>&3)"
total 0
lrwx------ 1 user user 64 Mar 18 04:22 0 -> /dev/pts/1
lrwx------ 1 user user 64 Mar 18 04:22 1 -> /dev/pts/1
l-wx------ 1 user user 64 Mar 18 04:22 2 -> pipe:[33390]
l-wx------ 1 user user 64 Mar 18 04:22 3 -> pipe:[33390]
lr-x------ 1 user user 64 Mar 18 04:22 4 -> /proc/7464/fd/
```

Oraz:

```
$ X=$(ls -lAF /AAA 3>&1 1>&2 2>&3)
$ echo $X
/bin/ls: cannot access /AAA: No such file or directory
```

Szczególne przypadki przekierowań

- `exec` *`przekierowania`* pozwala przekierować deskryptory bieżącej powłoki. Np.:

  `exec 2> errors.log`

  powoduje zapisywanie zawartości standardowego strumienia dla błędów we wszystkich dalszych poleceniach do pliku `errors.log`.
- `exec <&-` — zamknięcie standardowego strumienia wejściowego.
- Jednoczesne przekierowania `stdout` i `stderr`: `&>` i `&>>` (por. `&|`).
  (Także `>&` i `>>&` jeśli następne słowo nie rozwija się do liczby bądź `-`.)
- *Here documents:* `<<` i `<<-`.
- *Here strings:* `<<<` (por. rozwinięcia instrukcji `$(...)`).
- Automatyczne tworzenie nowych deskryptorów: {*zmienna*}[>|<|>>| ...].
- `$(<` *`file`*`)` — szybsza wersja `$(cat` *`file`*`)`.

Here documents

```
cat >&2 << EOT
Bez serc, bez ducha, - to szkieletów ludy!
Młodości! dodaj mi skrzydła!
Niech nad martwym wzlecę światem
W rajską dziedzinę ułudy:
Kędy zapał tworzy cudy,
Nowości potrząsa kwiatem
I obleka w nadziei złote malowidła!
EOT
```

```
function oda {
   cat >&2 <<- EOT
      Bez serc, bez ducha, - to szkieletów ludy!
      Młodości! dodaj mi skrzydła!
      Niech nad martwym wzlecę światem
      W rajską dziedzinę ułudy:
      Kędy zapał tworzy cudy,
      Nowości potrząsa kwiatem
      I obleka w nadziei złote malowidła!
   EOT
}
```

Etykieta — dowolne słowo nie występujące w tekście. Zwykle używa się napisu `EOT`. We wcięciach są dozwolone jedynie znaki tabulacji. Wiersze tekstu nie mogą się wówczas zaczynać znakami tabulacji!

Przykład: zapisywanie do ustalonego pliku

Otwieranie w trybie do dołączania

```
MYFILE=myfile.txt
echo -n "My "   >> "$MYFILE"
echo -n "long " >> "$MYFILE"
echo "message"  >> "$MYFILE"
```

- Plik jest otwierany i zamykany osobno dla każdego polecenia `echo`.
- Dobre w przypadku *logów*, bo współdziała z `logrotate`.
- Nieefektywne w przypadku masowego zapisywania.

Otwieranie pliku dla wielu poleceń

Ręczny wybór deskryptora

```
exec 3> myfile.txt
echo -n "My "   >&3
echo -n "long " >&3
echo "message"  >&3
exec 3>&-
```

Należy wybierać deskryptory z przedziału 3–9.

Automatyczny wybór deskryptora

```
exec {MYFD}> myfile.txt
echo -n "My "   >& $MYFD
echo -n "long " >& $MYFD
echo "message"  >& $MYFD
exec {MYFD}>&-
```