Mécanismes Internes du Système d'Exploitation Unix

Les IPC SYSTEM V

Les IPC SYSTEM V

Inter **P**rocess **C**ommunication (System V)

- Communications et synchronisations entre processus **locaux**
- Trois mécanismes
  - La mémoire partagée
  - Les files de messages
  - Les sémaphores

1

Caractéristiques communes aux IPC

- Une table par mécanisme
  une entrée → une instance
- Une clé numérique par entrée
- Un appel système *xxx*`get` par mécanisme

  xxx → `shm` (mémoire partagée), `msg` (files de messages) ou `sem` (sémaphores)
  - créer une nouvelle entrée
  - **retrouver une déjà existante**
  - retourne un descripteur

  Cas de création
  - `cle = IPC_PRIVATE`
  - `IPC_CREAT` → `flags`
  - `IPC_CREAT | IPC_EXCL` → `flags`

2

Structure commune aux IPC

- Une structure commune

```
struct  ipc_perm  {
   ushort  uid;          /* owner's user id */
   ushort  gid;          /* owner's group id */
   ushort  cuid;         /* creator's user id */
   ushort  cgid;         /* creator's group id */
   ushort  mode;         /* access modes */
   ushort  seq;          /* slot usage sequence number */
   key_t   key;          /* key */
   };
```

3

Définitions communes aux IPC

- Définitions communes

```
#define IPC_CREAT   0001000     /* create entry if key doesn't exist */
#define IPC_EXCL    0002000     /* fail if key exists */
#define IPC_NOWAIT  0004000     /* error if request must wait */

#define IPC_PRIVATE(key_t)0     /* private key */

#define IPC_RMID    0           /* remove identifier */
#define IPC_SET     1           /* set options */
#define IPC_STAT    2           /* get options */
```


4

Composition d'une clé

- Soumission d'une clé pour obtenir un descripteur d'IPC
- Composition d'une clé
  - Fixée par l'utilisateur
  - Déterminée par le système

```
key_t ftok(path, code);
char *path;
char code;
```

`path` doit exister tant que des clés y sont associées.

5

Les commandes `shell` associées

Deux commandes `shell`

- `ipcs`
  - liste des ressources actives ainsi que leurs caractéristiques

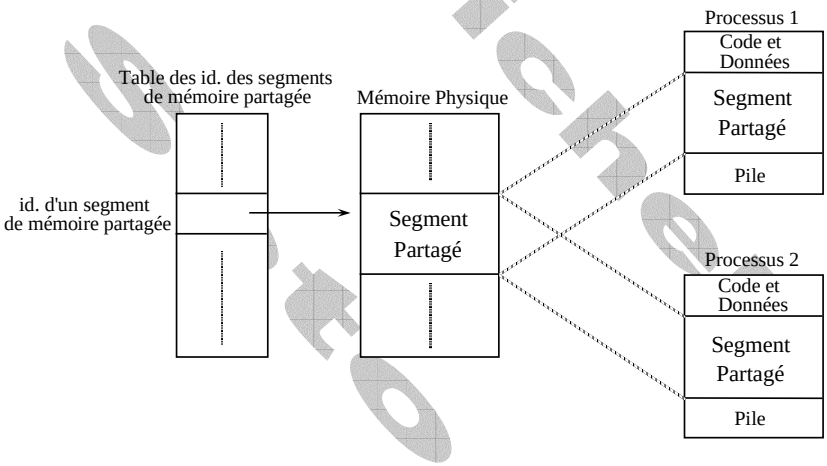
```
$ipcs
IPC       ID     KEY          MODE         OWNER        GROUP
Messages Queues:
q         0      0x00000000   --rw-------  root         root
Shared Memory:
m         3      0x41442041   --rw-rw-rw   root         root
Semaphores:
s         1      0x4144314d   --ra-ra-ra-  root         root
```

- `ipcrm`
  - suppression des ressources

```
$ipcrm -q 0 -m 3 -S 0x4144314d
```


6

Segments de mémoire partagée



Zone mémoire attachée à un processus mais qui peut être accédée par d'autres processus

7

Création d'un segment de mémoire partagée

- Création d'un nouveau segment ou recherche de l'identifiant d'un segment déjà existant

```
#include<sys/ipc.h>
#include<sys/shm.h>
   int shmid = shmget(key_t cle, int taille, int flags);
```

  - retourne un entier positif (identificateur de segment dans la table) en cas de succès et -1 sinon.
  - Création si `cle = IPC_PRIVATE`
    `IPC_CREAT` → `flags`
    `IPC_CREAT | IPC_EXCL` → `flags`

8

Structure associée

- La structure shmid_ds

```
struct  shmid_ds {
    struct  ipc_perm    shm_perm;       /* operation permission struct */
    uint    shm_segsz;                  /* size of segment in bytes */
    ushort  shm_lpid;                   /* pid of last shmop */
    ushort  shm_cpid;                   /* pid of creator */
    ushort  shm_nattch;                 /* number of current attaches */
    time_t  shm_atime;                  /* last  shmat  time */
    time_t  shm_dtime;                  /* last  shmdt  time */
    time_t  shm_ctime;                  /* last  change  time */
};
```

9

Initialisations associées à une création

- Création d'une nouvelle entrée
  - Initialisations

    `shm_perm.cuid` et `shm_perm.uid` ← `uid` effectif du processus appelant
    `shm_perm.cgid` et `shm_perm.gid` ← `gid` effectif du processus appelant
    `shm_perm.mode` ← 9 bits de poids faible de l'entier `flags`
    `shm_segsz` ← `taille`
    `shm_lpid`, `shm_nattch`, `shm_atime` et `shm_dtime` ← `0`
    `shm_ctime` ← heure courante

  - Création effective au premier attachement

10

Attachement et détachement d'un segment de mémoire partagée

- Attachement d'un segment

```
char *shmat(int shmid, char *adr, int flags);
```

  - rend l'adresse à laquelle le segment a été attaché
  - si premier attachement, alors allocation effective de l'espace mémoire correspondant
  - si `adr = 0` → le système choisit l'adresse d'attachement
  - possibilité d'attacher plus d'une fois un même segment par un processus
  - `SHM_RDONLY` → `flags` : `SIGSEGV` en cas de tentative d'écriture

- Détachement d'un segment

```
int shmdt(char *virtadr);
```

  - spécifier l'adresse et non pas l'identifiant
  - rend 0 en cas de succès et -1 sinon

11

Autres appels système

Segments de mémoire partagée attachés à un processus après un appel à :

- `fork()`
  - Héritage des segments de mémoire partagée par le fils
- `exec()`
  - Tous les segments de mémoire partagée sont détachés (pas détruits)
- `exit()`
  - Tous les segments de mémoire partagée sont détachés (pas détruits)

12

Opérations de contrôle sur les segments de mémoire partagée

- Opérations de contrôle avec la primitive `shmctl()`

```
#include<sys/shm.h>
   int shmctl(int shmid, int cmd, shmid_ds *buf);
```

cmd →
- → `IPC_STAT`
- → `IPC_SET`
  - `shm_perm.uid`
  - `shm_perm.gid`
  - `shm_perm.mode`
- → `IPC_RMID`

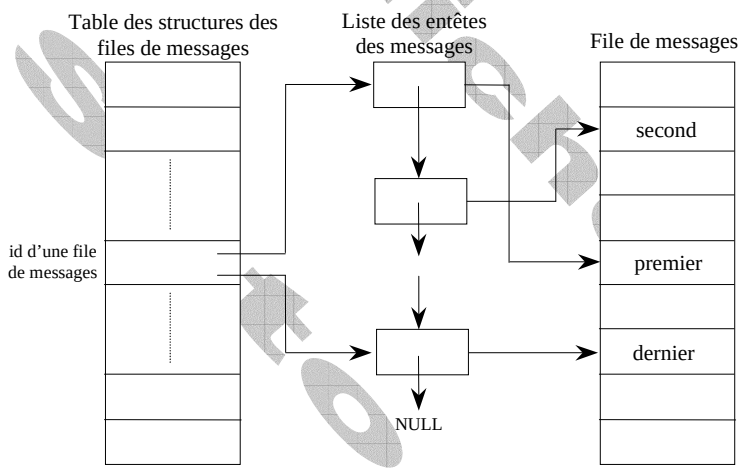
Opérations permises uniquement si `uid` effectif = super utilisateur, `shm_perm.cuid`, `shm_perm.uid`

13

Exemple

```
#include <sys/ipc.h>
#include <sys/shm.h>
…
int shm_id; struct shmid_ds *buf; key_t cle;
int *p_int; char *adr_att;
int taille = 1024;
…
cle = ftok("mem_par", 'M');
shm_id = shmget(cle, taille, 0666 | IPC_CREAT);
adr_att = shmat(shm_id, 0, 0600);
…
p_int = (int *)adr_att;
for (i=0; i<128; i++) *p_int++ = i;
…
shmdt(adr_att);
shmctl(shm_id, IPC_RMID, buf);
…
```


Les files de messages



Structure de données des messages

Caractéristiques des files de messages

- Emission et réception de flots de données entre processus
- Identifiées par des entiers
- Spécification de l'identifiant et non pas le processus lors d'une émission/réception
- Politique FIFO
- Un message = `Type` (entier dont l'interprétation est laissée à l 'utilisateur)
  + `Donnée` (chaîne de caractères de longueur quelconque)
- Connaissance + droits d'accès → droits d'émission/réception

16

Création d'une file de messages

- Création d'une nouvelle file de messages ou recherche de l'identifiant d'une file déjà existante

```
#include<sys/ipc.h>
#include<sys/msg.h>
   int msgid = msgget(key_t cle, int flags);
```

  - retourne un entier positif (identifiant de la file de messages dans la table) en cas de succès et -1 sinon.
  - Création si `cle = IPC_PRIVATE`
    `IPC_CREAT → flags`
    `IPC_CREAT | IPC_EXCL → flags`

17

Structure associée

- La structure msqid_ds

```
struct  msqid_ds {
    struct      ipc_perm    msg_perm;       /* operation permission struct */
    struct      msg     *msg_first;         /* ptr to first message on q */
    struct      msg     *msg_last;          /* ptr to last message on q */
    ushort msg_cbytes;                      /* current # of bytes on q */
    ushort msg_qnum;                        /* # of messages on q */
    ushort msg_qbytes;                      /* max # of bytes on q */
    ushort msg_lspid;                       /* pid of last  msgsnd */
    ushort msg_lrpid;                       /* pid of last  msgrcv */
    time_t msg_stime;                       /* last  msgsnd  time */
    time_t msg_rtime;                       /* last  msgrcv  time */
    time_t msg_ctime;                       /* last change time */
};
```


Initialisations associées à une création

- Initialisations lors de la création d'une nouvelle entrée
  - `msg_perm.cuid` et `msg_perm.uid` ← `uid` effectif du processus appelant
  - `msg_perm.cgid` et `msg_perm.gid` ← `gid` effectif du processus appelant
  - `msg_perm.mode` ← 9 bits de poids faible de l'entier `flags`
  - `msg_qnum`, `msg_lspid`, `msg_lrpid`, `msg_stime` et `msg_rtime` ← `0`
  - `msg_qbytes` ← taille maximale permise par le système
  - `msg_ctime` ← heure courante

Emission d'un message

- Primitive d'émission

```
#include<sys/msg.h>
   int msgsnd(int msgid, struct msgbuf *msg, int taille,
                                                int flags);
```

  - `struct msgbuf {` /* définie dans msg.h */
    `long mtype;` /* type du message */
    `char mtext[512];` /* texte du message */
    `};`

    Possibilité de redéfinir la structure `msgbuf` en fonction de ses besoins.

  - bloquante par défaut,
  - `mtype` ≤ `0`, interdit en émission,
  - retourne 0 en cas de succès et -1 sinon.

20

Propriétés d'une émission

- Emission bloquante (défaut)
  - Si file pleine, le processus est suspendu jusqu'à :
    - extraction de messages de la file,
    - suppression du système de la file (retourne `-1` et `errno` = `EIDRM`),
    - réception d'un signal.
  - Sinon,
    - insertion du message et de son type dans la file,
    - incrémentation du nombre de messages de la file,
    - mise à jour de l'identifiant du dernier écrivain,
    - mise à jour de la date de dernière écriture.
- Emission non bloquante
  - Si file pleine et `IPC_NOWAIT` → `flags`,
    - le message n'est pas envoyé et
    - le processus reprend immédiatement la main.

21

Extraction d'un message d'une file

- Primitive de réception

```
#include<sys/msg.h>
    int msgrcv(int msgid, struct msgbuf *msg, int taille,
                                        long type, int flags);
```

  - Extraction quelconque ou sélective,
    `type` = `0` → le premier message de la file est extrait quelque soit son type,
    `type` > `0` → le premier message du type désigné est extrait,
    `type` < `0` → le premier message dont le type est supérieur à la valeur absolue du type désigné est extrait
  - bloquante par défaut,
  - si `taille` < taille du message, le système retourne une erreur (`errno` = `E2BIG`) et le message reste dans la file. Si `MSG_NOERROR` → `flags`, le système tronque le message sans générer d'erreur mais le reste du texte est perdu.
  - en cas de succès retourne le nombre de caractères dont est composé le texte du message et -1 sinon.

22

Propriétés d'une extraction

- Si aucun message ne répond aux conditions demandées :
  - `IPC_NOWAIT` ⊄ `flags`, alors le processus est suspendu jusqu'à :
    - arrivée d'un message satisfaisant les conditions demandées,
    - suppression du système de la file (retourne -1 et errno = EIDRM),
    - réception d'un signal.
  - `IPC_NOWAIT` ⊂ `flags`, alors :
    - le processus reprend immédiatement la main,
    - retourne -1 et errno = ENOMSG.
- Sinon,
  - extraction effective du message de la file,
  - décrémentation du nombre de messages de la file,
  - mise à jour de l'identifiant du dernier lecteur,
  - mise à jour de la date de dernière lecture.

23

Contrôle de l'état d'une file

- Opérations de contrôle avec la primitive `msgctl()`

```
#include<sys/msg.h>
   int msgctl(int msgid, int cmd, msqid_ds *buf);
```

– consultation, modification des caractéristiques et suppression d'une file

`cmd` → `IPC_STAT`

→ `IPC_SET`
- `msg_perm.uid`
- `msg_perm.gid`
- `msg_perm.mode`
- `msg_qbytes`

→ `IPC_RMID`

Opérations permises uniquement si `uid` effectif = super utilisateur `shm_perm.cuid` `shm_perm.uid`

Modification `msg_qbytes` → root

– retourne 0 en cas de succès et -1 sinon

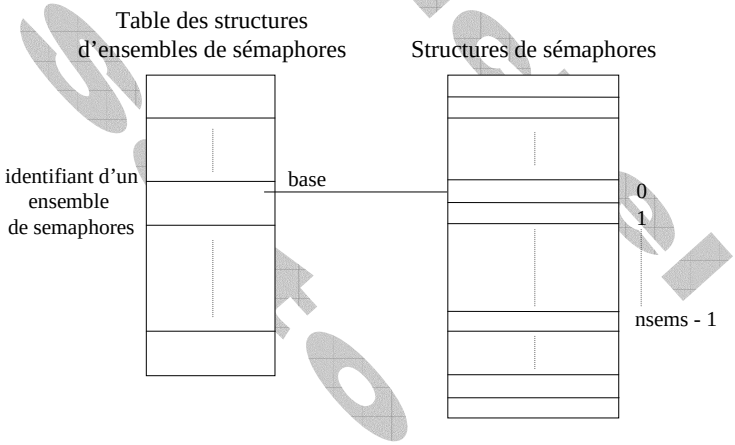
24

Exemple

```
#include <sys/ipc.h>
#include <sys/msg.h>
…
int msg_id; struct msqid_ds *buf; key_t cle;
struct message {   long type;
                   char texte[128]; } msg;
char path[14]= "file_msg"; char code='Q';
…
cle = ftok(path, code);
msg_id = msgget (cle, 0666 | IPC_CREAT);
…
msg.type = 1;
for ( ; ; ) {
   printf ( "Entrer le texte a emettre \n");
   scanf("%s",msg.texte);
   msgsnd(msg_id , &msg , strlen( msg.texte ) , 0);
   …
}
…
```

25

Les sémaphores



Structure de données des sémaphores

26

Caractéristiques des ensembles de sémaphores

- Mécanisme de synchronisation
  - accès concurrents à une ressource partagée
  - solution au problème de l'exclusion mutuelle
- Un sémaphore
  - → un compteur
  - → une file d'attente
- Acquisition simultanée d'exemplaires multiples de plusieurs ressources différentes
- Identifiés par des entiers

27

Création d'un ensemble de sémaphores

- Création d'un nouvel ***ensemble*** de sémaphores ou recherche de l'identifiant d'un ensemble de sémaphores

```
#include<sys/ipc.h>
#include<sys/sem.h>
    int sem_id = semget(key_t cle, int nsems, int flags);
```

  - retourne un entier positif (identifiant de l'ensemble des sémaphores dans la table) en cas de succès et -1 sinon.
  - création si `cle = IPC_PRIVATE`
    `IPC_CREAT` → `flags`
    `IPC_CREAT | IPC_EXCL` → `flags`
    Création d'un *ensemble* de sémaphores qui auront tous les mêmes droits

28

Structures associées

- Ensemble de sémaphores

```
struct semid_ds {
   struct     ipc_perm    sem_perm;   /* operation permission struct */
   struct     sem   *sem_base;        /* ptr to first semaphore in set */
   ushort     sem_nsems;              /* # of semaphores in set */
   time_t     sem_otime;              /* last semop time */
   time_t     sem_ctime;              /* last change time */
};
```

- Sémaphore individuel

```
struct sem {
   ushort     semval;                 /* semaphore text map address */
   short      sempid;                 /* pid of last operation */
   ushort     semncnt;                /* # awaiting semval > cval */
   ushort     semzcnt;                /* # awaiting semval = 0 */
};
```

29

Initialisations associées à une création

- Initialisations lors de la création d'une nouvelle entrée
  - `sem_perm.cuid` et `sem_perm.uid` ← `uid` effectif du processus appelant
  - `sem_perm.cgid` et `sem_perm.gid` ← `gid` effectif du processus appelant
  - `sem_perm.mode` ← 9 bits de poids faible de l'entier `flags`
  - `sem_nsems` ← `nsems`
  - `sem_otime` ← `0`
  - `sem_ctime` ← heure courante

30

Opérations sur les sémaphores

- La primitive `semop()`

```
#include<sys/ipc.h>
#include<sys/sem.h>
    int semop(int semid, struct sembuf sops[], unsigned nsops);

struct sembuf {
    ushort sem_num;          /* semaphore # */
    short  sem_op;           /* semaphore operation */
    shrot  sem_flag;         /* operation flags */
};
```

  - chaque opération précisée par `sem_op` est exécutée sur le sémaphore correspondant spécifié par `semid` et `sem_num`,
  - opérations traitées soit **toutes** à la fois soit pas du tout,
  - si un processus est obligé de s'endormir, la valeur initiale des sémaphores (avant l'appel) est restituée,
  - retourne 0 en cas de succès et -1 sinon.

31

Nature des opérations sur les sémaphores

sem_op < 0	semval ≥ | sem_op |	semval := semval - | sem_op | sem_flg & SEM_UNDO est "vrai" semadj := semadj + | sem_op |
	semval < | sem_op |	sem_flg & IPC_NOWAIT est "faux" semncnt := semncnt + 1 état (process) = suspendu
		sem_flg & IPC_NOWAIT est "vrai" Retour immédiat
sem_op > 0	semval := semval + sem_op sem_flg & SEM_UNDO est "vrai" semadj := semadj - sem_op	
sem_op = 0	semval = 0	Retour immédiat
	semval ≠ 0	sem_flg & IPC_NOWAIT est "faux" semzcnt := semzcnt + 1 état (process) = suspendu
		sem_flg & IPC_NOWAIT est "vrai" Retour immédiat

32

Structure undo

- La structure `sem_undo`

```
struct sem_undo {
    struct sem_undo *un_np;     /* ptr to next active undo structure */
    short  un_cnt;              /* # of active entries */
    struct undo {
          short un_aoe;         /* adjust on exit values */
          short un_num;         /* semaphore # */
          int   un_id;          /* semid */
    }     un_ent[1];            /* (semume) undo entries (one minimum) */
};
```

33

Opérations de contrôle sur les sémaphores

- Les opérations de contrôle avec la primitive `semctl()`

```
#include<sys/ipc.h>
#include<sys/sem.h>
    int semctl(int semid, int semnum, int cmd, union semun arg);

union semun {
    int    val;
    struct semid_ds *buf;
    u_short *array;
};
```

cmd →	GETVAL	GETALL		IPC_STAT	
	SETVAL	SETALL		IPC_SET	
	GETPID			IPC_RMID	
	GETNCNT				
	GETZCNT				
	Sémaphore (semid, semnum)		Ensemble de sémaphores		Ensemble de sémaphores

Exemple

```
#include <sys/ipc.h>
#include <sys/sem.h>

#define     SEM_EXCL_MUT       0
#define     NB_SEM             1
char sem_path[14] = "ens_sem"; char sem_code = 'S';
int FLAGS = 0666 | IPC_CREAT; key_t   sem_cle; int  sem_id;
struct  sembuf  operation;

main ( ) {
sem_cle = ftok(sem_path, sem_code);
sem_id = semget (sem_cle , NB_SEM, FLAGS );
semctl(sem_id, SEM_EXCL_MUT, SETVAL, 1);
…
   P(SEM_EXCL_MUT);
       /* Section Critique */
   V(SEM_EXCL_MUT);
…
```

Exemple (suite)

```
void P (sem)                              /* Primitive P() sur sémaphores */
   int  sem; {                            /* Identifiant du sémaphore */
   operation.sem_num = sem;               /* Identification du sémaphore impliqué  */
   operation.sem_op = -1;                 /* Définition de l'opération à réaliser  */
   operation.sem_flg = SEM_UNDO;          /* Positionnement du bit SEM_UNDO */
   semop (sem_id, &operation, 1);         /* Exécution de l'opération définie */
};

void V(sem)                               /* Primitive V() sur sémaphores */
   int  sem; {
   operation.sem_num = sem;
   operation.sem_op = 1;
   operation.sem_flg = SEM_UNDO;
   semop (sem_id, &operation, 1);
};
```