Echtzeitbetriebssysteme

IO-System, Filesysteme

Abspeichern, Sichern auf Hintergrundspeicher von:

- **Programmen (BS-Kern, Dienstprogramme und Applikationen)**
- **Konfigurationsinformationen**
- **Daten (z.B. HTML/XML/JSON-Seiten)**

Embedded Systems: Kaum Festplatten, sondern

- **RAM-Filesysteme (beim Starten aus persistentem Speicher geladen, beim Beenden auf persistenten Speicher geschrieben)**
- **Flash-EEPROM („soldered“, CompactFlash, ...)**

Echtzeitbetriebssysteme

IO-System, Filesysteme

Organisationsstruktur (Filesystem, z.B. FAT**, VFAT, NTFS v3, Linux** Ext2, Ext3**, Ext4, XFS) soll:**

- **schnellen Zugriff ermöglichen**
- **wenig Overhead (Speicher) für Verwaltungsinfo benötigen**

Meist wird Cache verwendet

Problem:

- **Daten temporär inkonsistent**
- **Kein zeitlicher Determinismus bei Zugriff**

Sync-Mode:

- **Keine Verwendung von Cache**
- **Explizit synchronisieren**

IO-System, Synchronisation

Zugriffe auf Geräte (z.B. Platte) benötigen Zeit

Zugriffszeit: Zeit zwischen Auftrag und Erfüllung des Auftrags

Erforderlich:

- **Mechanismen, um Prozess mit Gerätezugriff zu synchronisieren**

Prinzipiell:

- **Synchroner Zugriff (implizites Warten)**
- **Asynchroner Zugriff (explizites Warten)**

IO-System, Synchronisation

Implizites Warten (synchroner Zugriff, *synchronous IO*)

Auf ein Gerät zugreifende Task wird solange “schlafen” gelegt (*pending*)

- **bis das Gerät antwortet**
- **eine Fehlersituation (z.B. das Gerät antwortet innerhalb einer definierten Zeitspanne nicht) eingetreten ist**
- **Die Task ein Signal erhält**

Synchroner Zugriff auf Geräte:

Blockierende POSIX-Systemcalls und Signale

OS9: unterbricht I/O nicht wg. Signalempfang

Ein Beispiel…

```
do {
   ret = read ( fd, buf, bufsize );
   if ( ret <= 0 && errno != EINTR ){
        perror ( "read" );          /* Fehlerbehandlung */
        return ( ret );
   }
} while ( errno == EINTR );         /* Wiederaufsetzen bei
                                       Signalen */
```

Echtzeitbetriebssysteme

IO-System, Synchronisation

Explizites Warten (asynchroner Zugriff, *asynchronous IO*)

Zugriff auf Gerät („Zugriffsanforderung, Zugriffsauftrag“) kehrt sofort zurück

- **Aufrufende Task kann weiterarbeiten**
- **Mitteilung der Auftragsausführung durch das BS an die Task per Abfrage (Polling), Ereignis (Signal) oder Callback-Funktion**
- **Task kann dann das Ergebnis abholen**

IO-System, Synchronisation

Explizites Warten (asynchroner Zugriff, *asynchronous IO*)

Probleme:

- **Mehrere Aufträge können gleichzeitig vorliegen; mehrere Dienste müssen sich auf denselben Auftrag beziehen können.**
- **Ggf. wird eine Dienstkette „Auftrag-Status ermitteln“-“Ergebnis holen“ nicht bis zum Ende einer Applikation beendet**

Zustandsverwaltung im Betriebssystem erforderlich

IO-System, Synchronisation

Explizites Warten (asynchroner Zugriff, *asynchronous IO*)

3 Varianten:

1. **Asynchroner Zugriff, Win32 und POSIX**
2. **Asynchroner Zugriff mit Threads und synchronen Diensten**
3. **Asynchroner Zugriff mit nichtblockierenden Diensten**

Echtzeitbetriebssysteme

IO-System
asynchroner Zugriff
mit nicht blockierenden
Diensten (1)

- **Leseauftrag**
- **Warten auf Ergebnis**
- **Ergebnis holen**
  - **Polling**
  - **Signal/Warten(Schlafen)**
  - **Signal/Callback**

```
char *OverlappedAccess()
{
    char buf[100];
    DWORD dwBytesRead;
    DWORD dwCurBytesRead;
    OVERLAPPED ol;

    ol.Offset = 10;          //read Filestartoffset: 10th byte from start
    ol.OffsetHigh = 0;
    ol.hEvent = NULL;

    HANDLE hFile = CreateFile("overlap.test", GENERIC_READ,
        FILE_SHARE_WRITE, 0, OPEN_EXISTING,
        FILE_FLAG_OVERLAPPED, 0);

    ReadFile(hFile, buf, 100, &dwBytesRead, &ol);
    // assumed ReadFile returned FALSE and ERROR_IO_PENDING
    // perform other tasks in this thread
    /   ...

    // Synchronise with file I/O
    WaitForSingleObject(hFile, INFINITE);

    GetOverlappedResult(hFile, &ol, &dwCurBytesRead, TRUE);
    CloseHandle(hFile);

    return(result_buffer);
}
```

IO-System

Asynchroner Zugriff mit nicht blockierenden Diensten, POSIX.1-2017 (1)

- Erhöhung der Performance (Audio, Video, Netzwerk, Datenbanken...)
- Besseres Antwortverhalten

Zentrale Struktur zur Spezifikation eines IO-Zugriffs

```
struct aiocb {
  int aio_fildes;                 /* File descriptor                */
  int aio_lio_opcode;             /* Auszuführende Operation        */
  int aio_reqprio;                /* Priorität der Anfrage          */
  volatile void *aio_buf;         /* Adresse des Buffers            */
  size_t aio_nbytes;              /* Länge des Transfers            */
  struct sigevent aio_sigevent;   /* Signal (Nummer und Wert)*/
…}
```

IO-System

Asynchroner Zugriff mit nicht blockierenden Diensten, POSIX.1-2017 (1)

```
int aio_read(struct aiocb *aiocbp);
```

Absetzen eines Leseauftrags

```
int aio_write(struct aiocb *aiocpb)
```

Absetzen eines Schreibauftrags

```
int aio_fsync(int operation, struct aiocb *aiocbp);
```

Synchronisiert alle ausstehenden IO-Operationen im zu `aiocbp` gehörenden Filedeskriptor (z.B. Cache im Treiber mit Platte in Übereinstimmung bringen)

```
int aio_suspend(const struct aiocb *const list[],
   int nent, const struct timespec *timeout)
```

Suspendiert den aufrufenden Thread, bis mindestens eine Operation aus `list` beendet wird, ein Signal gesendet wird oder `timeout` abgelaufen ist.

IO-System

Asynchroner Zugriff mit nicht blockierenden Diensten, POSIX.1-2017.1b (1)

```
int lio_listio(int mode, struct aiocb *const list[], int nent,
        struct sigevent *sig)
```

startet eine Menge von IO Anforderungen gleichzeitig

```
int aio_cancel(int fd, struct aiocb *aiocbp);
```

löscht die IO-Anforderung `aiocbp`

```
ssize_t aio_return(struct aiocb *aiocpb)
```

Liefert den Ergebnisstatus der beendeten IO-Operation

```
int aio_error(const struct aiocb *aiocbp);
```

Abfrage des aktuellen Zustands von IO-Anforderung `aiocbp`

IO-System

Asynchroner Zugriff mit nicht blockierenden Diensten, POSIX.1-2017 (1)

Beispiel

```
if ((fd = open (exFile, O_CREAT | O_TRUNC | O_RDWR, 0666)) == ERROR {
  printf ("aioExample: cannot open %s errno 0x%x\n", exFile, errno);
  return (ERROR);
}
    /* initialize read and write aiocbs */
    aiocb_read.aio_fildes = fd;
    aiocb_read.aio_buf = buffer;
    aiocb_read.aio_offset = 0; // offset to buffer start
    aiocb_read.aio_nbytes = BUFFER_SIZE;
    aiocb_read.aio_reqprio = 0;
    aiocb_write.aio_fildes = fd;
    aiocb_write.aio_buf = test_string;
    aiocb_write.aio_nbytes = strlen (test_string);
    aiocb_write.aio_offset = 0; // offset to buffer start
    aiocb_write.aio_reqprio = 0;
```

IO-System

Asynchroner Zugriff mit nicht blockierenden Diensten, POSIX.1-2017 (1)

Beispiel

```
/* initiate the read */
if (aio_read (&aiocb_read) == -1)
  printf ("aioExample: aio_read failed\n");

/* write to pipe - the read should be able to complete */
if (aio_write (&aiocb_write) == -1)
  printf ("aioExample: aio_write failed\n");

/* wait til both read and write are complete */
while ((aio_error (&aiocb_read) == EINPROGRESS) ||
       (aio_error (&aiocb_write) == EINPROGRESS))
  taskDelay (1);

/* print out what was read */
printf ("aioExample: message = %s\n", buffer);
```

IO-System Asynchroner Zugriff mit nicht blockierenden Diensten OS9 (1)

- OS9 sendet Signal READ_DATA_SIG wenn Lesedaten auf Pfad <pathid> bereit

```
time = 100;                  // max. 100 TICS Timeout warten
_os_sigmask(1);              // Hier bis sleep() Signalempfang sperren ?!
_os_ss_sendsig(pathid, READ_DATA_SIG); // Auftrag Signal schicken!
.....
_os_sleep(&time, &sig);      // Hier: Signalempfang automatisch entsperrt
                             //       Warten auf signal oder max time
_os_ss_relea(pathid);        // Auftrag immer loeschen
if(sig == READ_DATA_SIG) { // Daten da
          _os_gs_ready  (pathid, &size); // wieviel ?? (size aufpassen!)
          myerr= _os_read(pathid,buffer,&size);
}
```

IO-System asynchroner Zugriff mit Threads und blockierendem Aufruf (2)

- Thread erzeugen
- Dort blockierend zugreifen
- Thread-Ende abwarten

Was kann man in diesem Beispiel besser machen???

```
static char buf[100]; // global or as argument to pthread_create

void *AsyncThread( void *fp )
{
    fread( buf, sizeof(buf), 1, (FILE *)fp );
    pthread_exit( NULL );
}

main( int argc, char **argv )
{
    pthread_t MyThread;
    FILE *fp;

    fp = fopen( "overlap.test", "r" );
    if( fp==NULL ) {
        perror( "overlap.test" );
        return;
    }
    if( pthread_create( &MyThread, NULL, AsyncThread, fp )!= 0 ) {
        fprintf(stderr,"creation of thread failed\n");
        exit( -1 );
    }

    // perform other tasks
    // ...

    // Synchronise with file I/O
    pthread_join( AsyncThread, NULL );
}
```

IO-System

Nicht blockierender Aufruf (*non blocking mode*) (3)

Verwendet beim gleichzeitigen Warten auf mehrere Kanäle

Lesen nach vorherigem Warten auf Statusänderung am Kanal (`select` bzw. `poll`)

Gerät im *non blocking mode* öffnen

```
int fd;

fd = open( "/dev/modem", O_RDWR | O_NONBLOCK );
if( fd < 0 ) {
    perror( "/dev/modem" );
    return( -1 );
}
```

- **Lesende/schreibende Zugriffe blockieren dann nicht (read liefert 0, wenn keine zu lesenden Daten vorhanden)**
- **Synchronisation mit `FD_SETs` und `select`**

IO-System (3)

Nicht blockierender Aufruf

Nicht blockierender Lesezugriff

wie blockierender, nur

- **Liefert Ergebnis sofort, wenn vorhanden**
- **Liefert andernfalls Information „nichts zu lesen vorhanden“**
  - **retval == 0 timeout**
  - **Hier: retval == 1 data da**
  - **retval <0 error in errno**

```
int main(void)
{
    fd_set rfds;
    struct timeval tv;
    int retval;

    /* Watch stdin (fd 0) to see when it has input.
    FD_ZERO(&rfds);
    FD_SET(0, &rfds);
    /* Wait up to five seconds. */
    tv.tv_sec = 5;
    tv.tv_usec = 0;

    retval = select(1, &rfds, NULL, NULL, &tv);
    /* Don't rely on the value of tv now! */

    if (retval)
        printf("Data is available now.\n");
        /* FD_ISSET(0, &rfds) will be true. */
    else
        printf("No data within five seconds.\n");

    exit(0);
}
```

IO-System OS9 (3) Nicht blockierende Leseaufrufe

- **Vor Leseaufruf teste ob <size> Daten lesebereit, dann maximal <size> Daten nicht-blockierend lesen**

```
myerr = _os_gs_ready  (pathid, &size);

if(myerr != EOS_NOTRDY) // Daten da
   {
     if(size > 1000) size = 1000; /* max. 1000Byte wg. Buffergroesse*/

     myerr=_os_read(pathid,buffer,&size);
   }
```

Echtzeitbetriebssysteme

Bibliotheken (*Libraries*)

Systemcalls meist durch Libraries gekapselt

Interface zu Applikationen und zu Dienstprogrammen

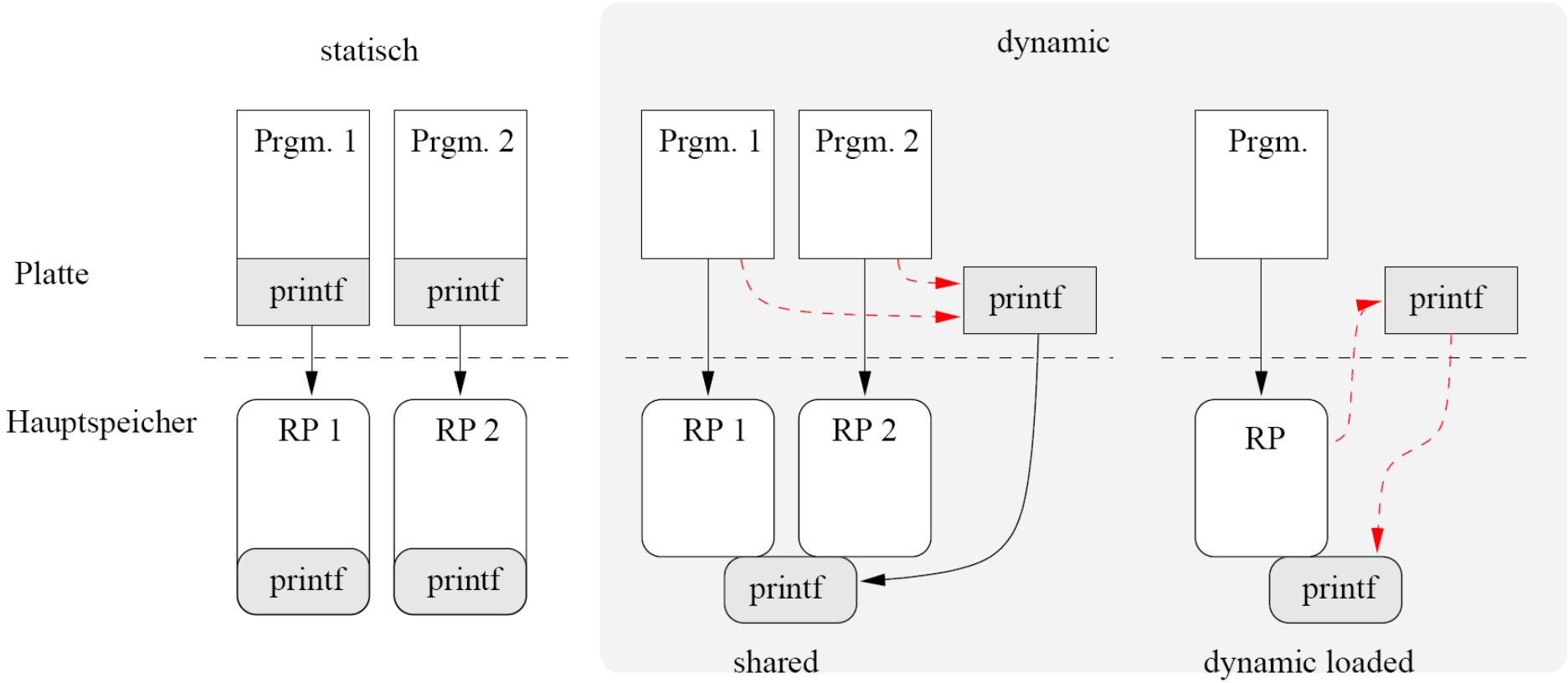
Typen von Libraries:

- **Statische (*static libraries*)**
  - **zum Programm beim Linken hinzugebunden**
- **Dynamische (*shared libraries*)**
  - **Binden erfolgt zur Laufzeit, entweder**
    - **Beim Programmstart**
    - **Beim Aufruf der Libraryfunktion**

Echtzeitbetriebssysteme

Bibliotheken (*Libraries*)

- **Statische Libs, Dynamische Libs, Laden zur Laufzeit**



Echtzeitbetriebssysteme

Bibliotheken (*Libraries*)

Shared vs. Static

Vorteile:

- **kleinere Programme (Library-Code ist kein Programmbestandteil)**
- **Programme teilen sich “shared libs”, (Code-Segment gemeinsam, Data-Segment je Programm); spart Hauptspeicherplatz, weil derselbe, mehrfach genutzte Code nur einmal im Speicher ist**

Nachteile:

- **Versionsverwaltung: Zur Programmausführung sind exakt die zur Compilierung verwendeten Versionen der Shared Libs erforderlich. Manchmal (bei sich dynamisch ändernden Systemen) problematisch**

Bibliotheken (*Libraries*)

Dynamisches Laden durch die Applikation zur Laufzeit

- In Spezialfällen (welche kennen wir???)
- Verbesserte Modularität: „Attached Procedures“ in Datenbanken, (Mathematik-) Werkzeuge zur Anbindung effizienter Funktionen oder spezieller Interfaces

Bibliotheken (*Libraries*)

Dynamisches Laden durch die Applikation zur Laufzeit

```
int main(int argc, char **argv){
void *handle;
int (*function)(int);
char *error;

handle = dlopen ("myshlib.so", RTLD_LAZY);
if( (error=dlerror()) ) {
fprintf(stderr,"%s\n", error );
return( -1 );
}
function = dlsym(handle, "DoubleMinusOne");
printf ("%d\n", function(5) );
dlclose(handle);
}
```