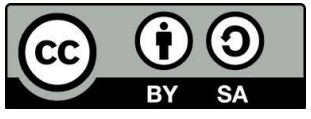
Introducción

Arquitectura Interna de Linux - 2016



J.C. Sáez, M. Prieto
High Performance Computing Division
ArTeCs Group
Universidad Complutense de Madrid

Contenido

1 Historia de Unix/Linux

2 Diseño del kernel

Contenido

1 Historia de Unix/Linux

2 Diseño del kernel

Historia de Unix (I)

- Multics – Multiplexed Information and Computing Service (1965)
- Unics – Unix (1969)
  - Creado por Ken Thompson y portado a "C" (Dennis Ritchie) en 1973
  - V6 (1975): Código fuente público (licencia AT&T)
    - Distribuciones BSD (Billy Joy)
    - Libro de John Lions sobre UNIX V6

Claves del éxito

1. Licencia económica
2. Código fuente disponible
3. Código simple y relativamente fácil de modificar
4. Requiere pocos recursos HW

Historia de Unix (II)

- Unix (Cont.)
  - V7 (1979): AT&T prohibe que se estudie su código
- Xenix (1980)
  - Microsoft
  - SCO
- Unix System III (1982)
- Unix System V (1983)
  - HP-UX, IBM's AIX, Sun's Solaris

Historia de Unix (III)

- Proyecto GNU (1983) - Richard Stallman
  - SO GNU: Emacs, GNU compiler collection (GCC), GNU Hurd (kernel)
- X/Open (1984)
  - Bull, Ollivetti, Philips,...
  - Sistemas Abiertos
- Minix v1 (1987) - Andrew Tanenbaum
  - Minimal Unix-like OS (Clon de Unix)
  - Fines docentes. Estructura más modular
    - Unix/Linux $\rightarrow$ eficiencia $\neq$ Minix $\rightarrow$ diseño comprensible
  - Compatible con Unix V7 (nivel usuario), evolucionó posteriormente hacia el estándar POSIX
    - 1987 (Minix1 - i8088), 1997 (Minix2 - i386)

Richard Stallman

Andrew Tanembaum

Llamadas al Sistema Minix

- 53 llamadas: 6 Categorías + Especiales
  - Gestión de procesos
    - `fork, waitpid, exec, exit, brk, getpid, getgprg, setsid, ptrace`
  - Señales
    - `sigaction, sigreturn, sigprocmask, sigpending, sigsuspend, kill, alarm, pause`
  - Gestión de Ficheros
    - `creat, mknod, open, close, read, write, lseek, stat, fstat, dup, pipe, ioctl, access, rename, fcntl`
  - Gestión Dir y Sistemas de Ficheros
    - `mkdir, rmdir, link, unlink, mount, umount, sync, chdir, chroot`
  - Protección
    - `chmod, getuid, getgid, setuid, setgid, chown, umask`
  - Gestión de Tiempos
    - `time, stime, utime, times`

Historia de Unix (IV)

Unix Wars (1987-1996)

- Unix International:
  - Unix System V Release 4 (SVR4) - USL (AT&T) + Sun + SCO
    - SVR3, BSD, Sun OS, Xenix
  - Open Look
- Open Software Foundation:
  - OSF/1 (DEC, IBM, HP, Bull,...)
    - OSF/1 (Mach 2.5)
  - Motif

Historia de Unix (V)

- Net-1 (1989), Net-2 (1991) y 386BSD (1992)
  - Hasta 4.3BSD--Tahoe, BSD no era una distribución libre
  - Necesario licencia de las fuentes de Unix (AT&T)
  - Net-2: casi todo el kernel y todas las utilidades
  - 386BSD Bill Jolitz (faltaban 6 ficheros)
- Litigio entre USL y BSDI / Universidad de California Berkeley (1991-1994)
  - Novell adquiere USL y su propiedad intelectual en 1993 y se llega a acuerdo en 1994
- 4.4BSD-Lite (1994)
  - FreeBSD, NetBSD, OpenBSD, Darwin

Y Aparece Linux... (1991)

- Unos meses después de liberarse Minix 1 se crea en **comp.os.minix**

```
From: torva...@klaava.Helsinki.FI (Linus Benedict Torvalds)
Date: 25 Aug 91 20:57:08 GMT Local: Sun, Aug 25 1991 9:57 pm
Subject: What would you like to see most in minix?

Hello everybody out there using minix - I'm doing a (free) operating
system (just a hobby, won't be big and professional like gnu) for
386(486) AT clones. This has been brewing since april, and is starting
to get ready. I'd like any feedback on things people like/dislike
in minix, as my OS resembles it somewhat (same physical layout of
the file-system (due to practical reasons) among other things).
I've currently ported bash(1.08) and gcc(1.40), and things seem to
work. This implies that I'll get something practical within a few
months, and I'd like to know what features most people would want.
Any suggestions are welcome, but I won't promise I'll implement them
:)

Linus (torva...@kruuna.helsinki.fi)

PS. Yes it's free of any minix code and it has a multi-threaded fs. It
is NOT portable (uses 386 task switching, etc), and it probably never
support anything other than AT-harddisks, as that's all I have :(.
```

Y Aparece Linux... (1991)

- Claves Éxito
  - Unix Wars
  - Litigio BSD
  - Competencia Windows NT (enemigo común)
  - Licencia GPL
  - Internet
  - ???

Y Aparece Linux... (1991)

- Pero Linux es sólo el kernel...
  - GNU/Linux..., IBM/RedHat/HP/....Linux..
- Distros (kernel + selección de herramientas precompiladas)
  - MCC Interim Linux 1992,
  - Slackware (Patrick Volkerding) , Debian (Ian Murdock) 1993
  - S.U.S.E, Red Hat (Marc Erwing, Bob Young) 1994
- Entornos de Escritorio
  - Xfree86 – Thomas Roel 1991
  - KDE – Matthias Ettrich 1996
  - Gnome – Miguel de Icaza 1997
  - ...

¿Qué es Unix?

- Fin de Unix Wars 1996 (Competencia con Windows NT)
  - 1994: Novell Trasfiere derechos de marca registrada Unix a X/Open, que crea la **Single Unix Specification (SUS)**
  - 1994: Unix international y OSF se fusiona en nueva OSF
  - 1996: OSF y X/Open se fusiona en **Open Group**
- Open Group
  - Propietario actual marca registrada UNIX
  - Certificación SUS
- Unificación SUS / IEEE Posix en 2001 (SUS Version 3)
- *Unix es quien se comporta como Unix*
  - Mac OS X Leopard (primer derivado de BSD que puede llamarse Unix)
  - Z/OS IBM

Contenido

1 Historia de Unix/Linux

2 Diseño del kernel

Soporte Hardware para el Sistema Operativo

- Muchas funciones del SO que requieren soporte HW:
  - Permitir la ejecución de varios procesos, posiblemente multiplexando el uso de CPU
  - Proteger el acceso a memoria entre procesos
  - Permitir que dos o más procesos compartan memoria
  - Permitir a los procesos que utilicen los dispositivos de E/S, garantizando que el SO arbitre el uso de los mismos
  - Evitar que los procesos de usuario corrompan el código y las estructuras de datos del SO

Tres mecanismos HW esenciales:

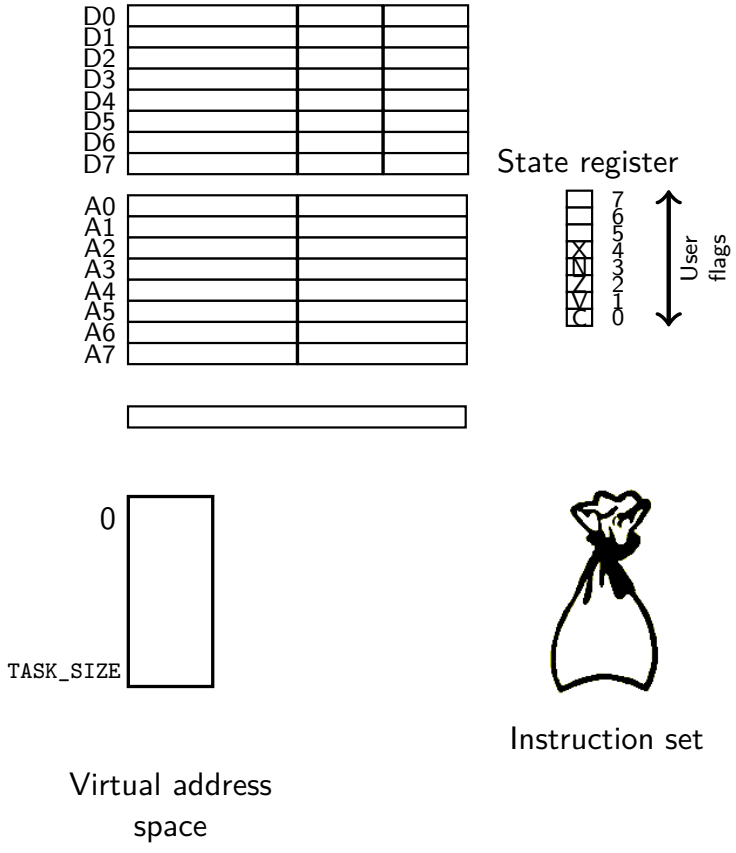
1. Distintos modos de ejecución del procesador
2. Soporte HW para memoria virtual (MMU)
3. Temporizador del sistema (interrupciones periódicas)

Modos de ejecución del procesador

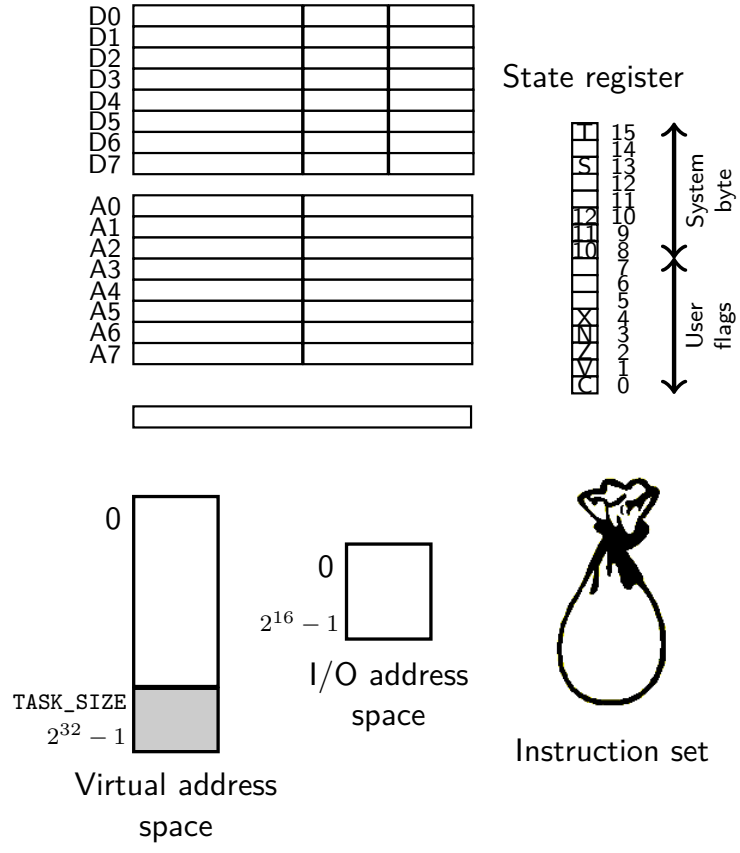
- El procesador ofrece un **conjunto de modos de ejecución** para proporcionar **distintos niveles de acceso a los recursos** de la máquina
- **Cada modo de ejecución está caracterizado por**:
  - Subconjunto de instrucciones del repertorio disponibles
  - Acceso al mapa de E/S
  - Acceso a los registros de soporte de gestión de memoria
  - Permiso de cambio de modo (Bits del registro de estado)
- En GNU/Linux, el **núcleo del SO** se ejecuta en el **modo menos restrictivo ("modo kernel")** y los **programas de usuario** en el **más restrictivo ("modo usuario")**
- Las arquitecturas x86 (Intel y AMD) ofrecen 4 niveles de privilegio (*ring levels*): 0, 1, 2 y 3.
  - Modo usuario: ring level 3
  - Modo kernel: ring level 0

Modo usuario vs. Modo kernel

Modo usuario



Modo kernel



Programación en modo kernel

A beast of a different nature

- Tanto rendimiento como portabilidad son aspectos sumamente críticos
- No pueden utilizarse muchas de las abstracciones utilizadas en las aplicaciones de usuario
  - Sin libc*
  - Sin protección de memoria – no hay SIGSEGV –
  - Espacio de pila limitado y de tamaño fijo
  - Métodos de depuración menos elaborados
  - ...

ArTeCS

Diseño del Kernel

Diseño del Kernel

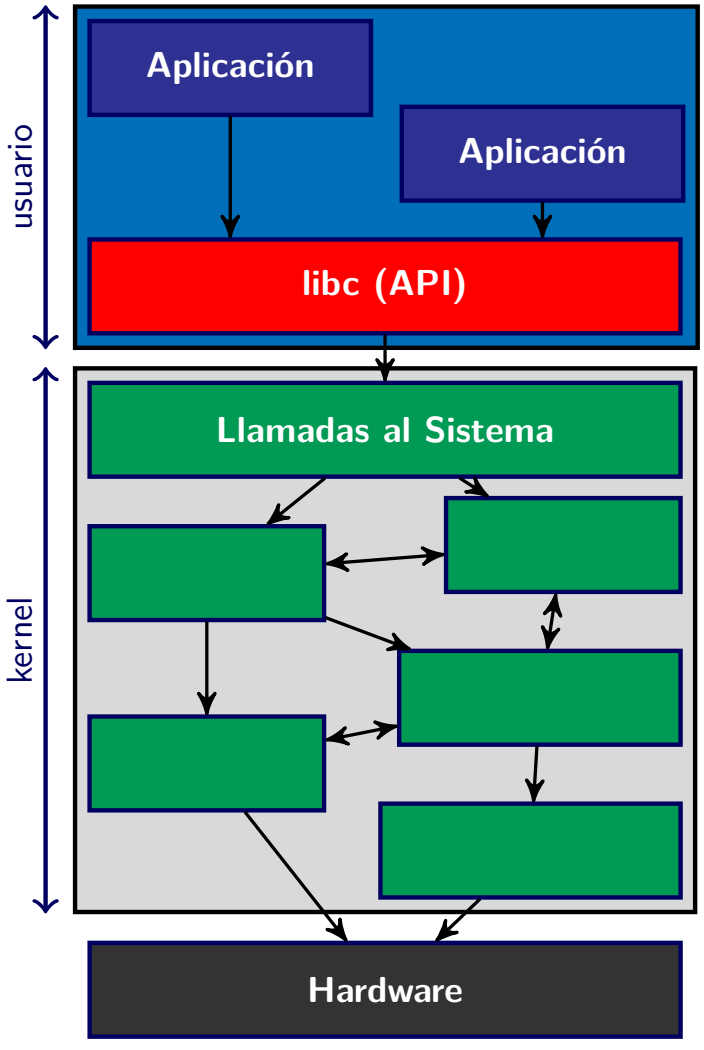
- **Kernel:** Parte esencial de un sistema operativo que provee los servicios más básicos del sistema
  - Gestor de memoria
  - Planificador de procesos
  - Gestión básica de E/S
  - ...
- Se han explorado diferentes estructuras
  1. Monolítico
  2. Microkernel (Cliente/Servidor)
  3. Máquinas Virtuales
  4. Exokernel

Estructura Monolítica (I)

Estructura Monolítica

- Todo el kernel reside en un único espacio de direcciones
  - Se distinguen distintos componentes (hay una estructura, depende del SO)
  - ...pero la "comunicación" entre componentes es por invocación directa de las funciones (no hay ocultación, con los riesgos que eso tiene asociado)
  - Convencional: el *bootloader* carga la imagen del kernel en memoria a partir de un único binario
- Diseño tradicional: simple y buen rendimiento
  - Kernels Unix tradicionales (SVR4), derivados (SunOS, HP-UX) y clones (familia BSD, Linux)
  - DOS, Windows 9x

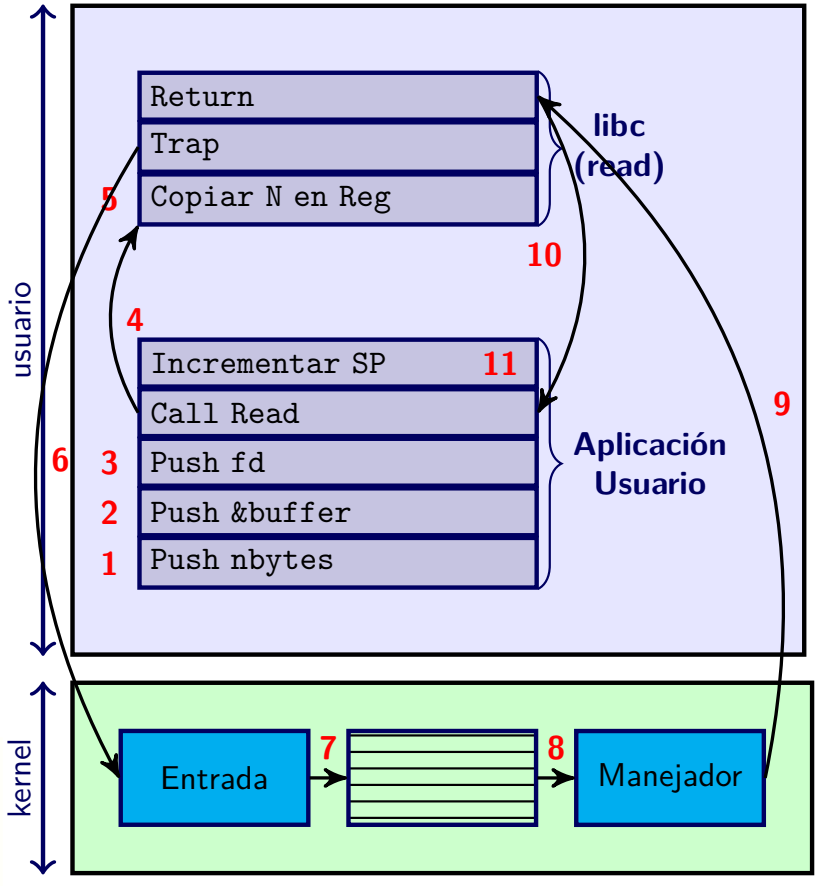
Estructura Monolítica (II)

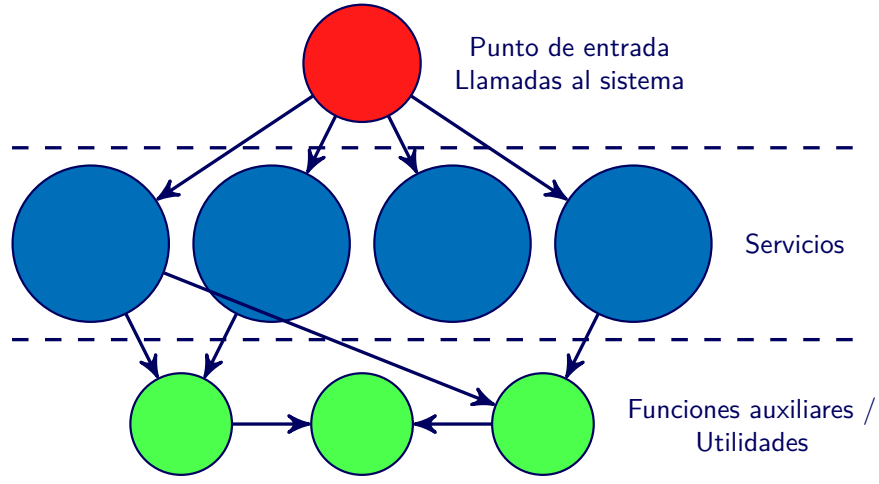


Componentes del kernel

Estructura Monolítica (III)

- Estructura funcional – Tanembaum (Seccion 1.5.1)
  - `count = read (fd, buffer, nbytes)`

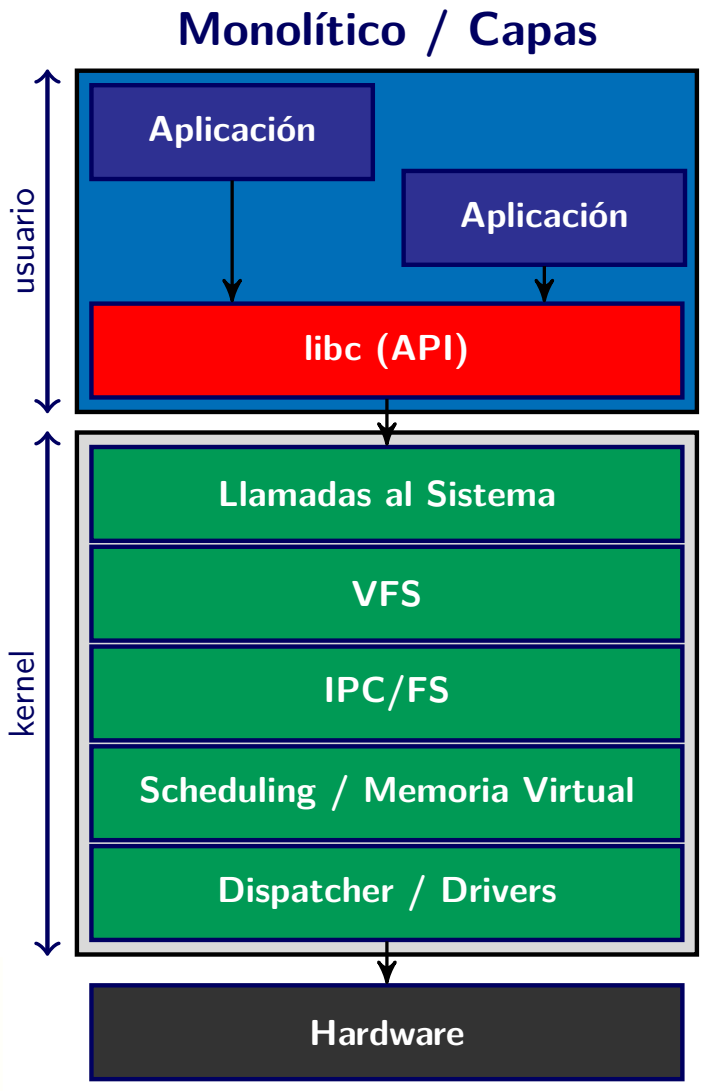


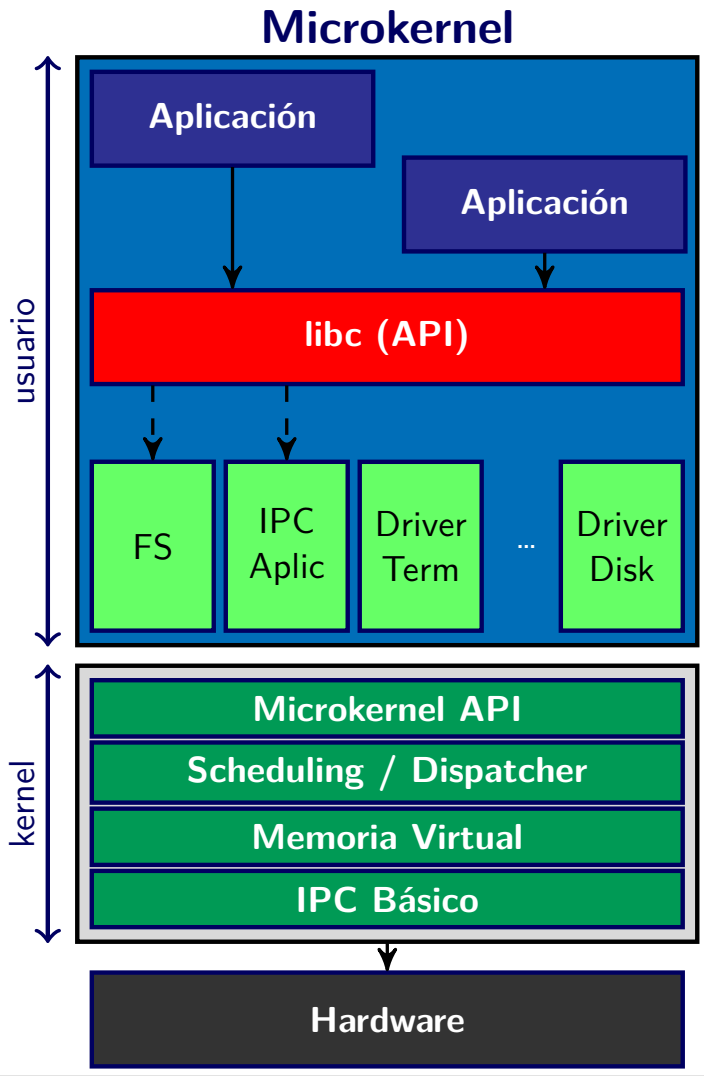


Microkernel / Cliente Servidor (I)

- Sistema operativo = Microkernel + Servidores
  - Kernel ligeros (micro-kernel) con funcionalidad mínima
    - Multiprogramación: Scheduling + Dispatcher (Cambio de Contexto)
    - Memoria Virtual
    - Mecanismos IPC básicos (mensajes)
  - Procesos servidores que ofrecen los servicios tradicionales a los proc. usuario
    - Idealmente se ejecutan en espacio de usuario

Microkernel / Cliente Servidor (II)





Microkernel / Cliente Servidor (III)

- Potenciales Ventajas
  - Mayor modularidad
    - Potenciales ventajas asociadas: Portabilidad, Extensibilidad, Fiabilidad
  - Mayor protección/seguridad
    - idealmente sólo el micro-kernel modo supervisor
  - Mayor tolerancia a fallos
    - Si falla un servidor/driver no tiene porque fallar todo el sistema
  - Se adaptan de forma natural a sistemas distribuidos
    - Comunicación entre procesos explícita a través de la red
  - Facilidad de desarrollo
    - Los servidores se pueden depurar

Microkernel / Cliente Servidor (IV)

- Limitaciones
  - Costes asociados con los mecanismos IPC limitan la aplicabilidad Micro-kernels puros
- Implementaciones reales (primera generación)
  - Los kernels de Windows NT y Mach (MAC OS X) utilizan diseño Micro-kernel
  - En sus últimas versiones ninguno de los servidores corren en espacio de usuario
  - La comunicación entre servidores es por invocación directa de funciones.
- Nuevas Generaciones
  - Familia L4: http://en.wikipedia.org/wiki/L4_microkernel

Referencias (I)

Historia de Unix/Linux

- Aspectos más relevantes de los 40 años de Historia de Unix en ComputerWorld.
- Referencia clásica sobre OpenSource. Entre otros, se incluye una extensa descripción de los origenes y evolución de Unix, BSD, el proyecto GNU y Linux
- Multics: The Multiplexed Information and Computing Service
- Descripción de las primeras versiones de Unix por Dennis M. Ritchie
- Entrevista a Steve Bourne, creador del popular bourne shell (sh)
- Entrevista a Dennis Ritchie en IEEE Spectrum
- Debate Tanembaum-Torvalds

Referencias (II)

Arquitectura del SO

- Sección 1.5 de *Operating Systems Design and Implementation*. A.S. Tanenbaum y A.S. Woodhull.
- Exokernel: An Operating System Architecture for Application-Level Resource Management
- The Multikernel: A new OS architecture for scalable multicore systems

Licencia

Arquitectura Interna de Linux - Introducción
Versión 0.3

©J.C. Sáez, M. Prieto

Este documento (o uno muy similar) está disponible en
`https://cv4.ucm.es/moodle/course/view.php?id=70009`