Sistemas de ficheros distribuidos

Índice

- Introducción
- Estructura de un SFD
- Resolución de nombres
- Acceso a los datos
- Gestión de cache
- Gestión de cerrojos
- Estudio de ejemplos: NFS, AFS y Coda
- Sistemas de ficheros paralelos
  - *General Parallel File System* (GPFS)
  - *Google File System* (GFS)

Conceptos básicos

- Sistema de ficheros distribuido (SFD)
  - Sistema de ficheros para sistema distribuido
  - Gestiona distintos dispositivos en diferentes nodos ofreciendo a usuarios la misma visión que un SF centralizado
  - Permite que usuarios compartan información de forma transparente
  - Misma visión desde cualquier máquina
- Numerosos aspectos similares a SF centralizados
- Algunos aspectos específicos como por ejemplo:
  - Traducción de nombres involucra a varios nodos
  - Uso de cache afecta a múltiples nodos
  - Aspectos de tolerancia a fallos

Características deseables del SFD

- Aplicables las correspondientes al SD global:
  - Transparencia, fiabilidad, rendimiento, escalabilidad, seguridad.
- Específicamente:
  - Espacio de nombres único
  - Soporte de migración de ficheros
  - Soporte para replicación
  - Capacidad para operar en sistemas “desconectados”
    - Una red “partida” o un cliente que usa un sistema portátil
  - Soporte de heterogeneidad en hardware y S.O.
  - Integración de nuevos esquemas de almacenamiento (SAN)
  - Paralelismo en acceso a datos de un fichero

Estructura del SFD

- Cliente (nodo con aplicación) – Servidor (nodo con disco)
- ¿Cómo repartir funcionalidad de SF entre cliente y servidor?
- Arquitectura “tradicional”
  - servidor: proporciona acceso a ficheros almacenados en sus discos
  - cliente: pasarela entre aplicación y servidor
    - con más o menos funcionalidad (clientes *fat* o *thin*)
- Arquitectura “alternativa”
  - servidor: proporciona acceso a bloques de disco
  - cliente: toda la funcionalidad del SF
  - Utilizada en sistemas de ficheros para *clusters*
    - se estudiará más adelante

Arquitectura del SFD

- Solución basada en arquitectura tradicional parece sencilla:
  - SF convencional en servidor
  - Exporta servicios locales para abrir, cerrar, leer, escribir, cerrojos,...
- ¿Asunto zanjado? No todo está resuelto:
  - Resolución de nombre de fichero:
    - Cliente y varios servidores involucrados. ¿Cómo se reparten trabajo?
  - Acceso a los datos:
    - ¿se transfiere sólo lo pedido? ¿más cantidad? ¿todo el fichero?
    - Uso de cache en el cliente. Coherencia entre múltiples caches.
  - Gestión de cerrojos:
    - ¿Qué hacer si se cae un cliente en posesión de un cerrojo?
  - Otros: migración, replicación, heterogeneidad, ...

Operaciones sobre los ficheros

- Apertura del fichero: Traducción del nombre
  - Gestión de nombres
- Lecturas/escrituras sobre el fichero
  - Acceso a datos
  - Uso de cache
- Establecimiento de cerrojos sobre el fichero

Gestión de nombres

- Similar a SF convencionales:
  - Espacio de nombres jerárquico basado en directorios
  - Esquema de nombres con dos niveles:
    - Nombres de usuario (*pathname*) y Nombres internos
  - Directorio: Relaciona nombres de usuario con internos
- Nombres de usuario
  - Deben proporcionar transparencia de la posición
    - Nombre no debe incluir identificación del nodo donde está

      triqui.fi.upm.es:/home/fichero.txt
- Nombres internos
  - Identificador único de fichero (UFID) utilizado por el sistema
    - Puede ser una extensión del usado en SF convencionales.
    - Por ejemplo:

      id. de máquina + id. disco + id. partición + id. inodo

Espacio de nombres

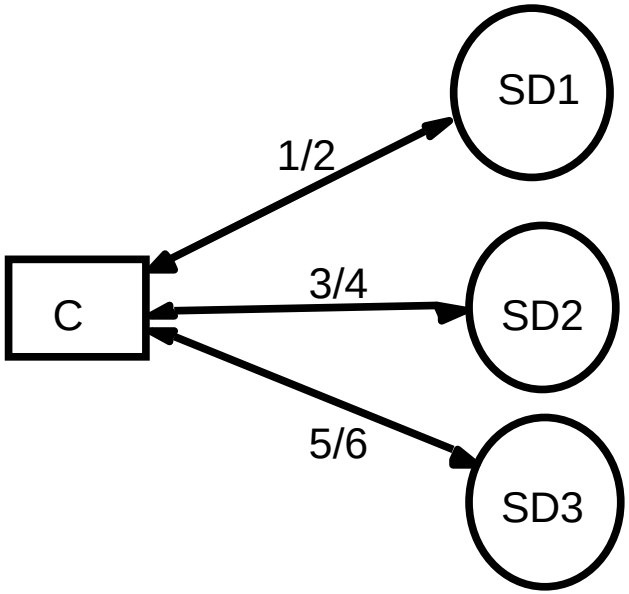
- Similar a SF convencionales:
  - Espacio de nombres dividido en volúmenes (o particiones, o ...)
    - Cada volumen gestionado por un servidor
  - Espacio único mediante composición de volúmenes:
    - Extensión distribuida de operación de montaje de UNIX
- Alternativas en la composición:
  - Montar sistema de ficheros remoto sobre la jerarquía local (NFS)
    - Montaje en cliente: información de montaje se almacena en cliente
    - Espacio de nombres diferente en cada máquina
  - Único espacio de nombres en todas las máquinas (AFS)
    - Montaje en servidor: información de montaje se almacena en servidor
    - Espacio de nombres común para el SD

Resolución de nombres

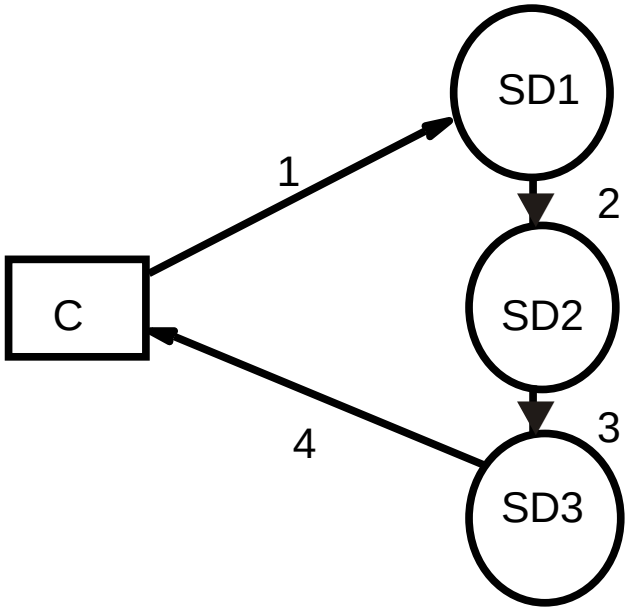
- Traducir una ruta que se extiende por varios servidores
- ¿Quién busca cada componente de la ruta?
  - cliente: solicita contenido del directorio al servidor y busca (AFS)
  - servidor: realiza parte de la búsqueda que le concierne
- Alternativas en la resolución dirigida por los servidores
  - iterativa, transitiva y recursiva
- "Cache de nombres" en clientes
  - Almacén de relaciones entre rutas y nombres internos
    - También existe en SF convencional
  - Evita repetir proceso de resolución
    - Operación más rápida y menor consumo de red (*escalabilidad*)
  - Necesidad de coherencia
    - Fichero borrado y nombre interno reutilizado
    - Uso de contador de versión del inodo

      id. de máquina + id. disco + id. partición + id. inodo + nº versión

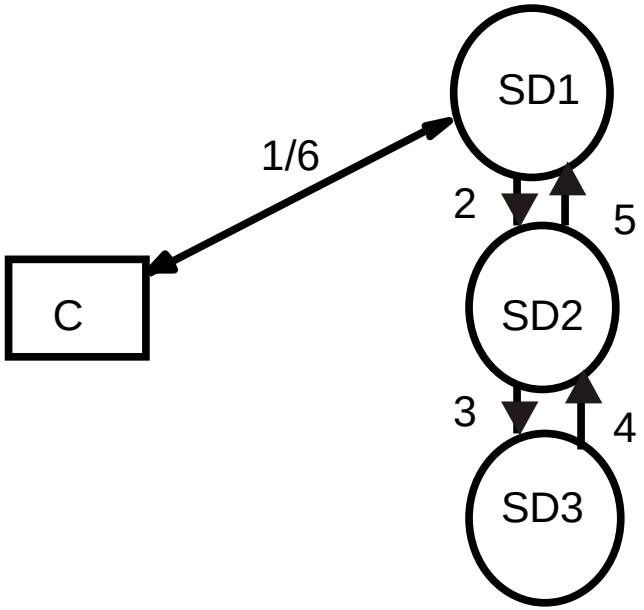
Resolución iterativa



Resolución transitiva



Resolución recursiva



Localización de ficheros

- Resolución obtiene nombre interno (UFID)
- Uso de UFID con dir. máquina donde fichero está localizado
  - No proporciona, en principio, independencia de la posición
    - Nombre de fichero cambia cuando éste migra
- Uso de UFID que no contenga información de máquina:
  - Por ejemplo (AFS):

    id. único de volumen + *id. inodo* + *nº versión*
  - Permite migración de volúmenes
  - Requiere esquema de localización: Volumen → Máquina
- Posibles esquemas de localización:
  - Tablas que mantengan la información de ubicación (AFS)
  - Uso de *broadcast* para localizar nodo
- Uso de "cache de localizaciones" en clientes

Acceso a datos del fichero

- Una vez abierto el fichero, se tiene info. para acceder al mismo
- Aspectos de diseño vinculados con acceso a datos:
  - ¿Qué se garantiza ante accesos concurrentes?
    - Semántica de uso concurrente
  - ¿Qué información se transfiere entre cliente y servidor?
    - Modelo de acceso
  - ¿Qué info. se guarda en cache y cómo se gestiona?
    - Gestión de cache

Semánticas de uso concurrente

- Sesión: serie de accesos que realiza cliente entre *open* y *close*
- La semántica especifica el efecto de varios procesos accediendo de forma simultánea al mismo fichero
- Semántica UNIX
  - Una lectura *ve* los efectos de todas las escrituras previas
  - El efecto de dos escrituras sucesivas es el de la última
- Semántica de sesión (AFS)
  - Cambios a fichero abierto, visibles sólo en nodo que lo modificó
  - Una vez cerrado, cambios visibles sólo en sesiones posteriores
  - Múltiples imágenes simultáneas del fichero
  - Dos sesiones sobre mismo fichero que terminan concurrentemente:
    - La última deja el resultado final
  - No adecuada para procesos con acceso concurrente a un fichero

Modelo de acceso

- Modelo carga/descarga
  - Transferencias completas del fichero
  - Localmente se almacena en memoria o discos locales
  - Normalmente utiliza semántica de sesión
  - Eficiencia en las transferencias
  - Llamada `open` con mucha latencia

- Modelo de servicio remoto
  - Servidor debe proporcionar todas las operaciones sobre el fichero
  - Acceso por bloques
  - Modelo cliente/servidor

Modelo carga/descarga

- Correspondencia petic. de aplicación y mens. de protocolo:
  - *open* → mensaje de descarga (*download*)
    - se realiza traducción y servidor envía fichero completo
    - cliente almacena fichero en cache local
  - *read/write/lseek* → no implica mensajes de protocolo
    - lecturas y escrituras sobre copia local
  - *close* → mensaje de carga (*upload*)
    - si se ha modificado, se envía fichero completo al servidor

Modelo de serv. remoto: con estado

- Correspondencia petic. de aplicación y mens. de protocolo:
  - *open* → mensaje de apertura
    - se realiza traducción
    - servidor habilita zona de memoria para info. de la sesión
    - retorna id. específico para esa sesión
  - *read/write/lseek* → mensaje de protocolo correspondiente
    - mensaje incluye id. sesión
    - mensaje lectura y escritura incluye tamaño pero no posición
    - uso de información sobre la sesión almacenada en servidor (posición)
  - *close* → mensaje de cierre
    - servidor libera zona de memoria de la sesión
- Ventajas servicio con estado (frente a sin estado):
  - Mensajes más pequeños, posibilidad de realizar políticas "inteligentes" en servidor (p.ej. lectura anticipada), procesamiento de peticiones posiblemente un poco más eficiente

Modelo de serv. remoto: sin estado

- Correspondencia petic. de aplicación y mens. de protocolo:
  - *open* → mensaje de apertura
    - se realiza traducción
    - servidor no habilita zona de memoria para info. de sesión (cliente sí)
    - retorna id. interno del fichero UFID
  - *read*/*write* → mensaje de protocolo correspondiente
    - mensaje autocontenido
    - mensaje incluye UFID, tamaño y posición
  - *lseek* → no implica mensaje de protocolo
  - *close* → no implica mensaje de protocolo
    - cliente libera zona de memoria de la sesión
- Ventajas servicio sin estado (frente a con estado):
  - Tolerancia a fallos ante rearranque del servidor, posiblemente menos mensajes, no hay gastos de recursos en servidor por cada cliente (*escalabilidad*)

Gestión de cache

- El empleo de cache permite mejorar el rendimiento
- Caches en múltiples niveles de un SD:
  - Cache en los servidores
    - Reducen los accesos a disco
  - Cache en los clientes
    - Reduce el tráfico por la red
    - Reduce la carga en los servidores
    - Puede situarse en discos locales (no permite nodos sin disco)
      - Más capacidad pero más lento
      - No volátil, facilita la recuperación
    - y/o en memoria principal
      - Menor capacidad pero más rápido
      - Memoria volátil

Uso de cache en clientes

- Empleo de cache de datos en clientes
  - Mejora rendimiento y capacidad de crecimiento
  - Introduce problemas de coherencia
- Otros tipos de cache
  - Cache de nombres
  - Cache de metadatos del sistema de ficheros
- Políticas de gestión de cache de datos:
  - Política de actualización
  - Política de coherencia
- Enfoque alternativo: Cache colaborativa (xFS)
  - Si bloque solicitado está en la cache de otro cliente, se copia de ésta

Política de actualización

- Escritura inmediata (*write-through*)
  - Buena fiabilidad
  - Las escrituras son más lentas
  - Mayor fragmentación en la información transferida por la red
- Escritura diferida (*delayed-write*)
  - Escrituras más rápidas
  - Se reduce el tráfico en la red
  - Los datos pueden borrarse antes de ser enviados al servidor
  - Menor fiabilidad
  - ¿Cuándo volcar los datos?
    - Volcado periódico
    - Volcado al cerrar (*Write-on-close*)

Coherencia de cache

- El uso de cache en clientes produce problema de coherencia
  - ¿es coherente una copia en cache con el dato en el servidor?
- Estrategia de validación iniciada por el cliente
  - cliente contacta con servidor para determinar validez
    - en cada acceso, al abrir el fichero o periódicamente
- Estrategia de validación iniciada por el servidor
  - servidor avisa a cliente (*callback*) al detectar que su copia es inválida
    - generalmente se usa *write-invalidate* (no *write-update*)
  - servidor almacena por cada cliente info. sobre qué ficheros guarda
    - implica un servicio con estado

C. de cache: semántica de sesión

- Validación iniciada por el cliente (usada en AFS versión 1):
  - En apertura se contacta con servidor enviando nº de versión (o fecha modificación) del fichero almacenado en cache local (si lo hay)
  - Servidor comprueba si corresponde con versión actual:
    - En caso contrario, se envia la nueva copia
- Validación iniciada por el servidor (usada en AFS versión 2):
  - Si hay copia en cache local, en apertura no se contacta con servidor
  - Servidor almacena información de qué clientes tienen copia local
  - Cuando cliente vuelca nueva versión del fichero al servidor:
    - servidor envía invalidaciones a clientes con copia
  - Disminuye nº de mensajes entre cliente y servidor
    - Mejor rendimiento y *escalabilidad*
  - Dificultad en la gestión de *callbacks*
    - No encajan fácilmente en modelo cliente-servidor clásico

C. de cache: semántica UNIX

- Validación iniciada por el cliente
  - Inaplicable
    - Hay que contactar con servidor en cada acceso para validar info.
- Validación iniciada por el servidor. 2 ejemplos de protocolos:
  - *Prot1*: control en la apertura con desactivación de cache
    - Basado en Sprite: SOD desarrollado en Berkeley en los 80
  - *Prot2*: uso de *tokens*
    - Basado en DFS, sistema de ficheros distribuido de DCE (*Open Group*)

C. de cache: semántica UNIX. *Prot1*

- Servidor guarda info. de qué clientes tienen abierto un fichero
- Si acceso concurrente conflictivo (1escritor + otro(s) cliente(s))
  - se anula cache y se usa acceso remoto en nodos implicados
- En *open* cliente contacta con servidor especificando:
  - modo de acceso + nº de versión de copia en cache (si la hay)
  - Si no hay conflicto de acceso:
    - Si versión del cliente en cache es más antigua, se indica que la invalide
  - Si la petición produce un conflicto de acceso:
    - Se le envía a los clientes con el fichero abierto una orden de invalidación y desactivación de la cache para ese fichero
      - Si era un escritor se le pide un volcado previo
    - Se indica al cliente que invalide y desactive la cache para ese fichero
  - Si la petición se encuentra que ya hay conflicto
    - Se indica al cliente que invalide y desactive la cache para ese fichero

C. de cache: semántica UNIX. *Prot2*

- Para realizar operación se requiere *token* correspondiente
  - *Token* (de lectura o escritura) asociado a un rango de bytes
- Si cliente solicita operación y no está presente *token* requerido en su nodo, se solicita al servidor de ficheros
- Para una zona de un fichero, el servidor puede generar múltiples *tokens* de lectura pero sólo uno de escritura
- Si existen múltiples *tokens* de lectura y llega solicitud de escritura, servidor reclama los *tokens*
  - Cliente devuelve *token* e invalida bloques de cache afectados
  - Cuando todos devueltos, servidor manda *token* de escritura
- Si hay un *token* de escritura y llega solicitud de lectura o escritura, servidor reclama el *token*:
  - Cliente vuelca e invalida bloques de cache afectados

Servicio con estado basado en *leases*

- Semántica UNIX requiere servicio con estado
  - ¿Cómo lograr servicio con estado pero con buena recuperación?
- *Lease*: concesión con plazo de expiración
  - Necesita renovarse
  - Aplicable a otros servicios además de la coherencia
- *Prot2* ampliado: *token* tiene un plazo de expiración
  - Pasado el plazo cliente considera que *token* ya no es válido
  - Tiene que volver a solicitarlo
  - Permite tener servidor con estado pero fácil recuperación:
    - Cuando rearranca servidor no entrega *tokens* hasta que haya pasado plazo de expiración con lo que todos los *tokens* están caducados

Gestión de cerrojos

- SFD ofrecen cerrojos de lectura/escritura
  - múltiples lectores y un solo escritor
- Peticiones *lock*/*unlock* generan mensajes correspondientes
  - *lock*: si factible retorna OK; sino no responde
  - *unlock*: envía a OK a cliente(s) en espera
- Requiere un servicio con estado:
  - servidor almacena qué cliente(s) tienen un cerrojo de un fichero y cuáles están en espera
- Problema: cliente con cerrojo puede caerse
  - Solución habitual: uso de *leases*
  - Cliente con cerrojo debe renovarlo periódicamente

Network File System (NFS) de Sun

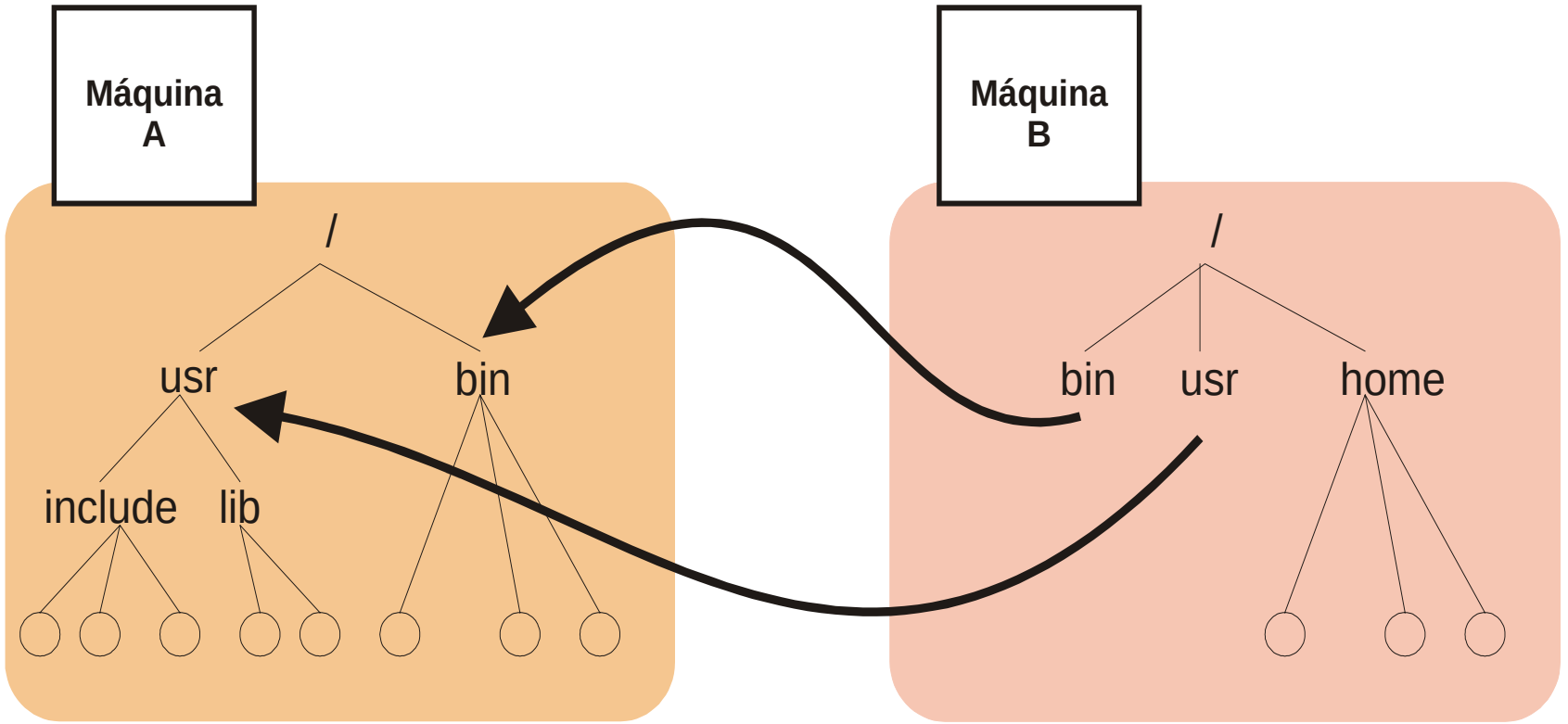
- Especificación de un protocolo para acceso a ficheros remotos
- Estándar diseñado para entornos heterogéneos
  - Versión 3: RFC-1813 (descrita en esta presentación)
  - Versión 4: RFC-3010 (última versión; cambios en arquitectura)
- Independencia gracias al uso de RPC/XDR de ONC
- Seguridad basada en “RPC segura”
- Compartición: máquina monta directorio remoto en SF local
  - Espacio de nombres es diferente en cada máquina
- No da soporte a migración ni replicación
- Comprende dos protocolos: montaje y acceso a ficheros

Protocolo de montaje

- Establece una conexión lógica entre el servidor y el cliente
- Cada máquina incluye una “lista de exportación”
  - qué “árboles” exporta y quién puede montarlos
- Petición de montaje incluye máquina y directorio remotos
  - Se convierte en RPC al servidor de montaje remoto
  - Si permiso en lista, devuelve un identificador “opaco” (*handle*)
    - Cliente no conoce su estructura interna
- La operación de montaje sólo afecta al cliente no al servidor
  - se permiten montajes NFS anidados, pero no “transitivos”
- Aspectos proporcionados por algunas implementaciones:
  - montajes *hard* o *soft*: en montaje, si servidor no responde...
    - espera ilimitada (*hard*) o plazo máximo de espera (*soft*)
  - automontaje: no solicita montaje hasta acceso a ficheros

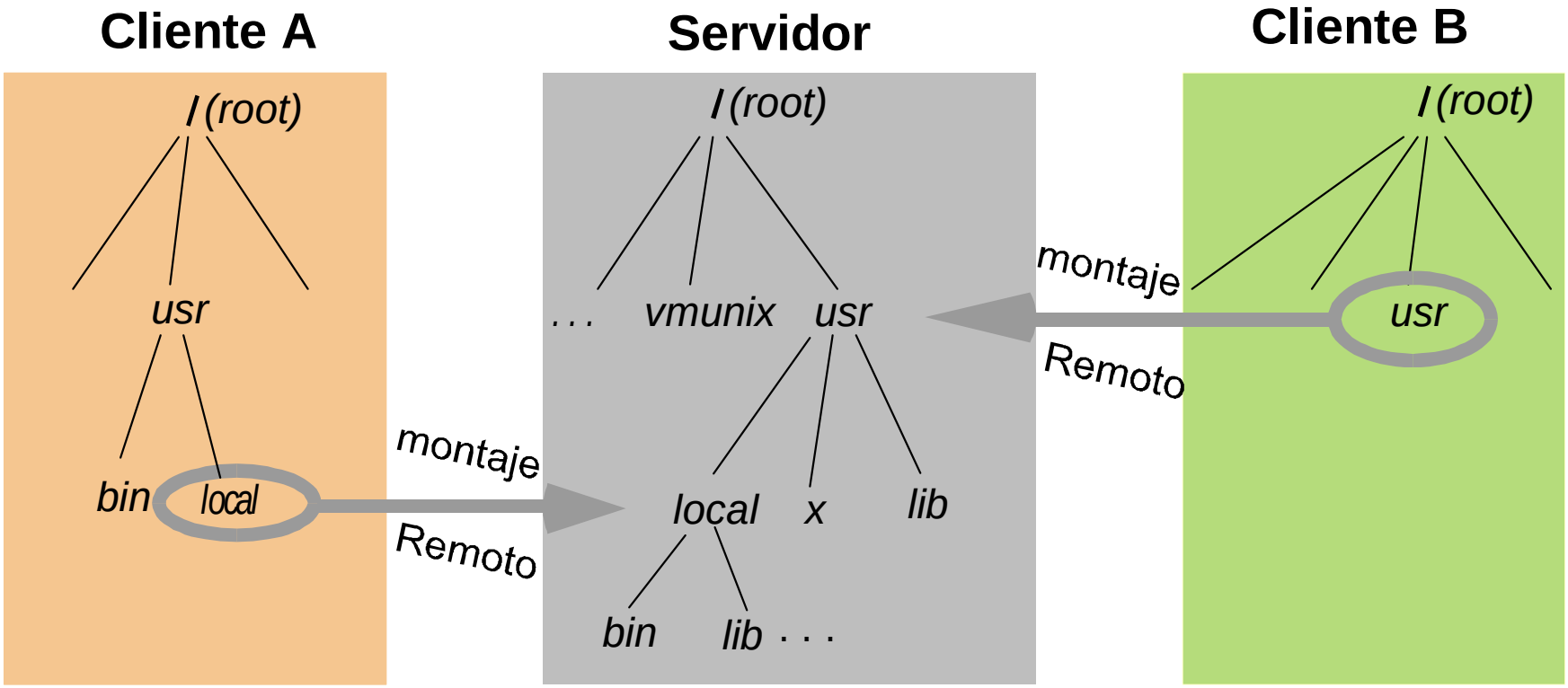
Ejemplo de montado en NFS

- La máquina A exporta */usr* y */bin*
- En la máquina B:
  - *mount máquinaA:/usr /usr*



Ejemplo de montado en NFS

- Imagen diferente del sistema de ficheros



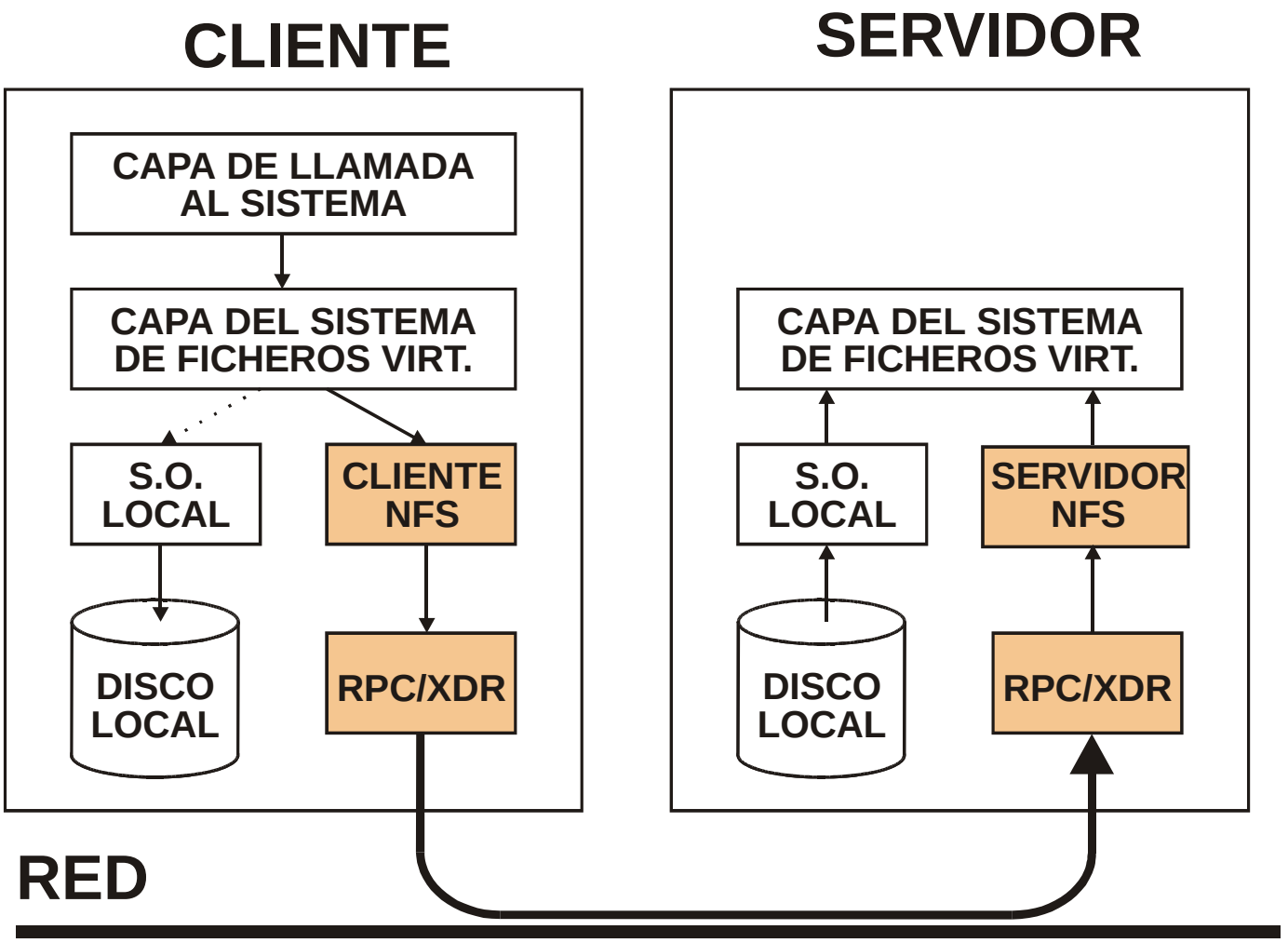
Protocolo NFS

- Ofrece RPCs para realizar operaciones sobre ficheros remotos
  - Búsqueda de un fichero en un directorio (LOOKUP)
  - Lectura de entradas de directorio
  - Manipulación de enlaces y directorios
  - Acceso a los atributos de un fichero
  - Lectura y escritura. En vers. 2 escritura síncrona en disco de servidor
    - Versión 3 permite asíncrona (COMMIT fuerza escritura en disco)
- Servidores NFS sin estado (no en versión 4)
  - Operaciones autocontenidas
- OPEN reemplazado por LOOKUP (no hay CLOSE)
  - traducción iterativa componente a componente
    - LOOKUP(*handle* de directorio, fichero) $\rightarrow$ *handle* de fichero
- El protocolo no ofrece mecanismos de control de concurrencia
  - Procolo independiente de NFS: *Network Lock Manager*

Implementación Sun/NFS

- Arquitectura basada en sistema de ficheros virtual (VFS)
- *Vnodo* apunta a un nodo-i local o a uno remoto (*Rnodo*)
- Cada *Rnode* contiene *handle* del fichero remoto
- Contenido del *handle* depende de sistema remoto
- En sistemas UNIX se usa un *handle* con tres campos:
  - id. del sistema de ficheros
  - número de inodo
  - número del versión del inodo (se incrementa en cada reutilización)
- En montaje se obtiene *handle* de la raíz del subárbol montado
- Posteriores operaciones *lookup* obtienen sucesivos *handles*

Arquitectura de Sun/NFS



Acceso a ficheros en Sun/NFS

- Las transferencias se realizan en bloques de 8 KB
- Los bloques se almacenan en la cache de los clientes
- Los clientes realizan lecturas adelantadas de un bloque
- Las escrituras se realizan localmente.
- Los bloques se envían al servidor cuando se completan o se cierra el fichero
- Cache del servidor:
  - escritura síncrona o asíncrona según lo indicado por el cliente
- 3 tipos de cache en el cliente:
  - cache de nombres para acelerar las traducciones
  - cache de atributos de ficheros y directorios (fechas, dueño, ...)
  - cache de bloques de ficheros y directorios

Coherencia de cache en Sun/NFS

- No asegura ninguna semántica
- Validación dirigida por el cliente:
  - Toda operación sobre un fichero devuelve sus atributos
  - Si los atributos indican que el fichero se ha modificado
    - se invalidan los datos del fichero en cache de bloques
  - Entradas de cache de bloques y atributos tienen un tiempo de vida
  - Si no se acceden es ese periodo se descartan
  - Valores típicos:
    - 3 segundos para ficheros
    - 30 para directorios

Novedades de la versión 4 de NFS

- Servicio con estado basado en *leases* (hay OPEN y CLOSE)
- Diseñado para ser usado en Internet
- Integra protocolo de montaje y de cerrojos
  - Un solo puerto fijo (2049): facilita atravesar cortafuegos
- Empaquetamiento de operaciones:
  - Una llamada RPC (COMPOUND) con múltiples operaciones
- Operación LOOKUP puede resolver el camino completo
  - Montajes en el servidor visibles por el cliente
- Uso de listas de control de acceso (ACL)
- Atributos del fichero incluye un mecanismo de extensibilidad

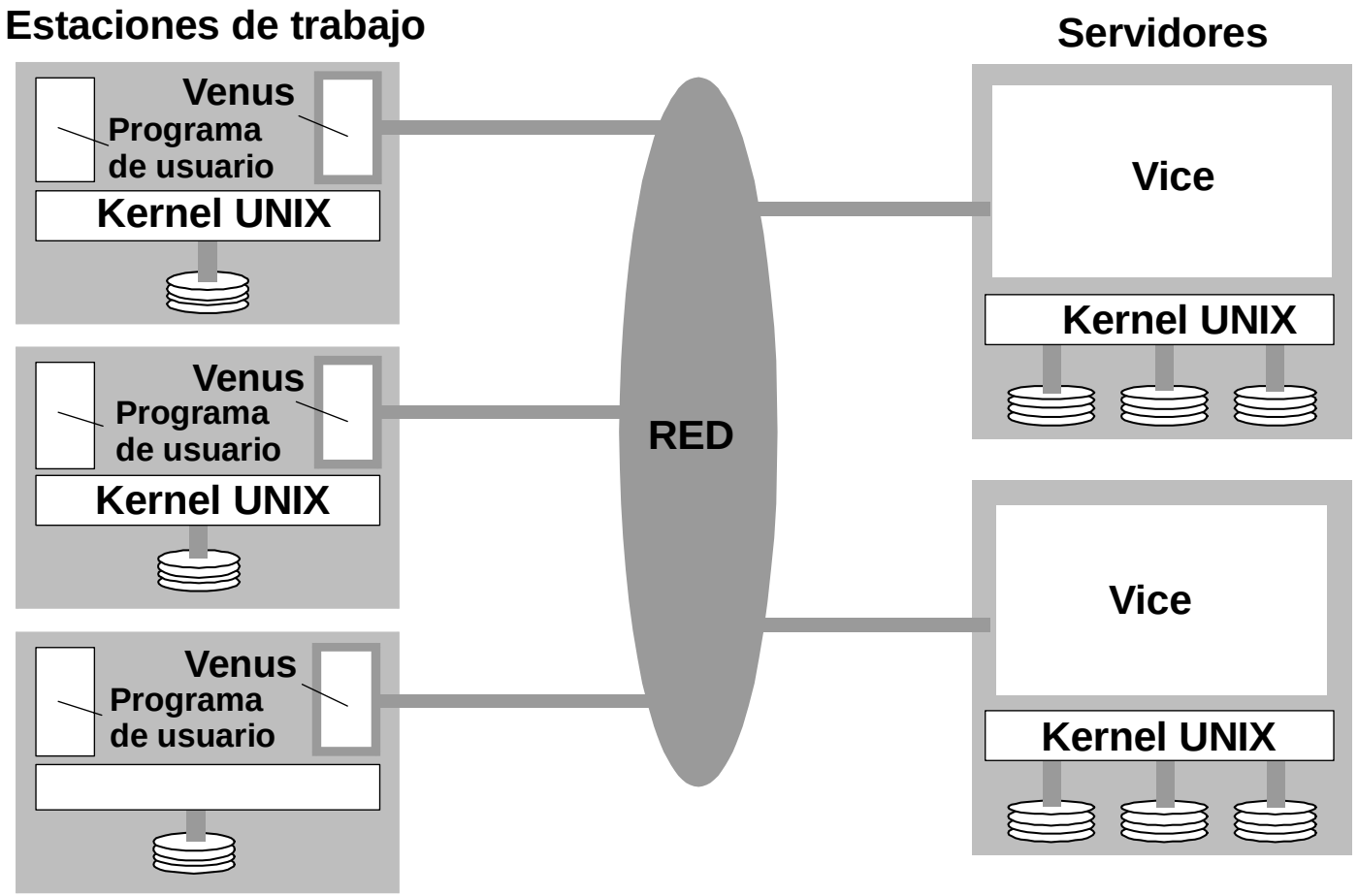
Andrew File System (AFS)

- SFD desarrollado en Carnegie-Mellon (desde 1983)
  - Se presenta la versión AFS-2
- Actualmente producto de Transarc (incluida en IBM)
  - OpenAFS: versión de libre distribución para UNIX y Windows
- Sistemas distribuidos a gran escala (5000 - 10000 nodos)
- Distingue entre nodos cliente y servidores dedicados
  - Los nodos cliente tienen que tener disco
- Ofrece a clientes dos espacios de nombres:
  - local y compartido (directorio `/afs`)
  - espacio local sólo para ficheros temporales o de arranque
- Servidores gestionan el espacio compartido
- Visión única en todos los clientes del espacio compartido

Estructura de AFS

- Dos componentes que ejecutan como procesos de usuario
- *Venus*:
  - ejecuta en los clientes
  - SO le redirecciona peticiones sobre ficheros compartidos
  - realiza las traducciones de nombres de fichero
    - resolución dirigida por el cliente
    - cliente lee directorios: requiere formato homogéneo en el sistema
- *Vice*:
  - ejecuta en los servidores
  - procesa solicitudes remotas de clientes
- Usan sistema de ficheros UNIX como almacén de bajo nivel

Estructura de AFS



Espacio de nombres compartido

- Los ficheros se agrupan en *volúmenes*
  - Unidad más pequeña que un sistema de ficheros UNIX
- Cada fichero tiene identificador único (UFID: 96 bits)
  - Número de volumen
  - Número de *vnodo* (dentro del volumen)
  - Número único: permite reutilizar números de vnodo
- Los UFID son transparentes de la posición
  - un volumen pueden cambiar de un servidor a otro.
- Soporte a la migración de volúmenes
- Estrategia de localización
  - número de volumen $\rightarrow$ servidor que lo gestiona
  - tabla replicada en cada servidor
  - cliente mantiene una cache de localización
    - si falla repite proceso de localización

Acceso a ficheros

- Modelo de carga/descarga
  - En `open` servidor transfiere fichero completo al cliente
  - Versión actual: fragmentos de 64Kbytes
- *Venus* almacena el fichero en la cache local de los clientes
  - Se utiliza el disco local (la cache es no volátil)
- Lecturas/escrituras localmente sin intervenir *Venus*
  - Cache de UNIX opera aunque de manera transparente a AFS
- Cuando un proceso cierra un fichero (*close*)
  - Si se ha modificado se envía al servidor (*write-on-close*)
  - Se mantiene en cache local para futuras sesiones
- Modificaciones de directorios y atributos directamente al servidor

Coherencia de cache (1/2)

- Semántica de sesión
- Validación iniciada por servidor basada en *callbacks*
- Cuando cliente abre fichero del que no tiene copia local (o no es válida), contacta con el servidor
  - el servidor “anota” que el fichero tiene un *callback* para ese cliente
- Siguientes aperturas del fichero no contactan con servidor
- Cuando cliente cierra un fichero que ha modificado:
  - Lo notifica y lo vuelca al servidor
  - Servidor avisa a los nodos con copia local para que la invaliden:
    - Eevoca el *callback*
  - Solicitud en paralelo usando una multiRPC

Coherencia de cache (2/2)

- Cuando llega una revocación a un nodo:
  - procesos con fichero abierto continúan accediendo a copia anterior
  - nueva apertura cargará el nuevo contenido desde el servidor
- Los clientes de AFS asumen que los datos en su cache son válidos mientras no se notifique lo contrario
- El servidor almacena por cada fichero una lista de clientes que tienen copia del fichero en su cache:
  - la lista incluye a todos los clientes que tienen copia y no sólo a los que tienen abierto el fichero

Coda

- Descendiente de AFS orientado a proporcionar alta disponibilidad mediante replicación de volúmenes
- Lectura de cualquier copia – Escritura en todas
- Si red "partida": cliente sólo actualiza copias accesibles
  - Se mantienen contadores de versión en cada copia de fichero
- En reconexión: se comparan contadores de las copias
  - Si no conflicto → se propaga a todas las copias la última versión
  - Si conflicto → reconciliación automática o manual
    - Ejemplo de automática: reconciliación de directorio
- Permite operación desconectada del cliente
  - Usuario puede sugerir qué ficheros deberían estar en cache
  - En reconexión: conciliación entre cache del cliente y servidores
  - Aunque no concebido para ello, es aplicable a computación móvil