

Sistemas Operativos Distribuidos

Sistemas Operativos Distribuidos



Introducción

Contenido del tema

- Definición de sistema distribuido.
- Ventajas y desventajas de los sistemas distribuidos.
- Modelos de computación distribuida.
- Objetivos de un sistema distribuido.
- Arquitectura software de los sistemas distribuidos.
 - Sistemas operativos distribuidos versus *Middlewares*.
- Componentes de un sistema distribuido.

Sistema distribuido (SD)

- Conjunto de procesadores conectados por una red:
 - Sin memoria compartida
 - Sistema débilmente acoplado
 - No existe un reloj común
 - Dispositivos de E/S asociados a cada procesador
 - Fallos independientes de componentes del SD
 - Carácter heterogéneo
- Objetivo de la asignatura: Software de sistema del SD
 - Sistemas Operativos Distribuidos
 - Interfaz software que oculta la complejidad hardware de un SD
 - Idealmente, visión de sistema único (*Single System Image*)
- Término afín: Computación distribuida
 - Ejecución de una aplicación en un SD

Ventajas de los Sistemas Distribuidos

- Economía: Buena relación rendimiento/coste
 - Avances en tecnología de microprocesadores y redes de área local.
- Alto rendimiento: Procesamiento paralelo.
- Soporte de aplicaciones inherentemente distribuidas.
 - Por ejemplo: empresa distribuida geográficamente
- Capacidad de crecimiento: Escalabilidad.
- Fiabilidad y disponibilidad: Tolerancia a fallos.
- Carácter abierto y heterogéneo:
 - Estándares de interoperabilidad.
- Compartir recursos y datos.

Sistemas Operativos Distribuidos

Desventajas de los Sistemas Distribuidos

- Necesidad de un nuevo tipo de software:
 - Más complejo.
 - No hay todavía un acuerdo sobre cómo debe ser.
- Red de interconexión introduce nuevos problemas:
 - Pérdida de mensajes y saturación.
 - Latencia puede provocar que al recibir un dato ya esté obsoleto.
 - La red es un elemento crítico.
- Seguridad y confidencialidad
- Definición alternativa de SD:
 - “Un sistema distribuido es aquél en el que no puedes trabajar con tu máquina por el fallo de otra máquina que ni siquiera sabías que existía” (Lampert)

Sistemas Operativos Distribuidos
4

Fernando Pérez
José María Peña
María S. Pérez

Fallacies of Distributed Computing

- *The network is reliable.*
 - *Latency is zero.*
 - *Bandwidth is infinite.*
 - *The network is secure.*
 - *Topology doesn't change.*
 - *There is one administrator.*
 - *Transport cost is zero.*
 - *The network is homogeneous.*
-
- 7 primeras propuestas en 1994 por Peter Deutsch (Sun)
 - Octava por James Gosling (Java/Sun) en 1996

Sistemas Operativos Distribuidos
5

Fernando Pérez
José María Peña
María S. Pérez

Aplicaciones de los Sistemas Distribuidos

- Entornos empresariales: redes corporativas e *intranets*:
 - Sustituye a los clásicos *mainframes*.
 - “Sistema de información distribuido”
- Entornos de computación de altas prestaciones:
 - Procesamiento paralelo, alternativa a costosos *supercomputadores*.
 - “Sistema de computación distribuido”
- Servicios con alta disponibilidad y rendimiento.
- Sistemas distribuidos de gestión de bases de datos
- Aplicaciones multimedia.
- Sistemas industriales distribuidos y aplicaciones de control.
- Internet: un enorme sistema distribuido.
- Ubicuos: automóviles, electrodomésticos, edificios, ...

Sistemas Operativos Distribuidos
6

Fernando Pérez
José María Peña
María S. Pérez

Modelos de computación distribuida

- *Cluster Computing*
- *Utility Computing*
- *Grid Computing*
- *Volunteer Computing*
- *Cloud Computing*
- *Autonomic Computing*
- *Mobile (Nomadic) Computing*
- *Ubiquitous (Pervasive) Computing*

Definiciones no excluyentes y, en algunos casos, sin acuerdo general

Sistemas Operativos Distribuidos
7

Fernando Pérez
José María Peña
María S. Pérez

Sistemas Operativos Distribuidos

Cluster Computing

- SD dedicado a ejecutar una aplicación buscando
 - Altas prestaciones y/o alta disponibilidad.
 - Puede servir varias aplicaciones mediante partición
- Alternativa a supercomputadores con mejor calidad/precio
- Características usuales:
 - Más fuertemente acoplado que SD general
 - Poca dispersión geográfica
 - Redes de alta velocidad
 - Sistema homogéneos
 - Aunque puede usar sistemas heterogéneos y virtualización
 - Carácter estático
 - Uso habitual de componentes hardware estándar
- Aspectos software más relevantes:
 - Entorno para desarrollo de aplicaciones paralelas
 - Planificación de trabajos

Sistemas Operativos Distribuidos
8

Fernando Pérez
José María Peña
María S. Pérez

Utility Computing

- Computación como otra empresa de servicio público
 - "Alquiler" de recursos computacionales externos
 - Demanda dinámica basada en necesidades puntuales
 - *On-demand Computing*
- Define un modelo de trabajo más que una plataforma
 - Aunque la solución natural es algún tipo de SD
 - Sistemas de computación *grid* o *cloud*
- No es una idea nueva: John McCarthy (1961)
 - "*Computing may someday be organized as a public utility just as the telephone system is a public utility.*"
- Uso habitual de virtualización
- Problema de la tarificación

Sistemas Operativos Distribuidos
9

Fernando Pérez
José María Peña
María S. Pérez

Grid Computing

- Acuñado por Foster inspirado en *power grid*
- Extensión de *cluster computing* a mayor escala:
 - Máquinas con mayor dispersión geográfica
 - Menor grado de acoplamiento
 - Pueden extenderse a varios dominios de administración
 - Desde interdepartamentales hasta intercorporativos
 - *Grid* = "*Cluster* virtual" sobre máquinas de varias organizaciones
 - Recursos no dedicados
 - *Grid* convive con SD de cada organización
 - Sistemas heterogéneos (virtualización)
 - Sistemas dinámicos
- Aspectos software relevantes:
 - Coordinar recursos de varias organizaciones sin un control central
 - Uso de estándares y sistemas abiertos
 - Seguridad

Sistemas Operativos Distribuidos
10

Fernando Pérez
José María Peña
María S. Pérez

Volunteer Computing

- SD formado por recursos donados por usuarios a proyectos
 - Normalmente, ciclos de procesador y espacio de almacenamiento
 - Carácter altruista (Folding@home, SETI@home)
- Similar a computación *grid*
 - Dinámico, recursos no dedicados, dispersión geográfica, ...
- Pero con diferencias:
 - Implica individuos, no organizaciones
 - Asimetría de roles: usuario-proyecto
 - Simetría del *grid*: organización-organización
 - Mayores problema de seguridad
 - Usuarios anónimos

Sistemas Operativos Distribuidos
11

Fernando Pérez
José María Peña
María S. Pérez

Sistemas Operativos Distribuidos

Cloud Computing

- Recursos HW y/o SW ofrecidos como servicio (¿de pago?)
 - Recursos virtualizados y dinámicamente escalables
 - Siguiendo etapa en la evolución *grid-utility* basada en Internet
 - *Cloud* metáfora frecuente de Internet
- Modelos de uso:
 - *Infrastructure as a Service* (ej. *Amazon Elastic Compute Clouds*, EC2)
 - Oferta dinámica de recursos HW virtuales según necesite cliente
 - *Platform as a Service* (ej. *Google App Engine*)
 - Además plataforma SW de desarrollo
 - *Software as a Service* (ej. *Google Apps*)
 - Además aplicaciones de interés
- ¿Futura convergencia *cloud* y *grid*?
- Debate sobre aspectos sociales
 - ¿Un paso más hacia la globalización? ¿Mayor pérdida de privacidad?

Sistemas Operativos Distribuidos
12

Fernando Pérez
José María Peña
María S. Pérez

Autonomic Computing

- Sistemas cada vez más complejos: necesidad de autogestión
 - Iniciativa de IBM aplicable especialmente a SD
 - Inspirado por sistema nervioso autónomo
- 4 áreas funcionales:
 - Auto-configuración
 - Auto-reparación
 - Auto-optimización
 - Auto-protección
- 5 niveles evolutivos de implantación:
 - Desde gestión manual de componentes aislados
 - Hasta gestión automatizada del sistema en su integridad
 - Uso de bucle de control cerrado (con realimentación)

Sistemas Operativos Distribuidos
13

Fernando Pérez
José María Peña
María S. Pérez

Mobile Computing

- SD incluye dispositivos portátiles con acceso remoto
 - Proliferación de dispositivos portátiles y redes inalámbricas
 - Usuario accede a su organización mientras viaja
- Aspectos a considerar
 - Limitaciones en los recursos del dispositivo
 - Control de consumo de energía del dispositivo
 - Ancho de banda variable
 - Modo desconectado
 - Usuario debe poder trabajar sin conexión
 - Al reconectarse, "reconciliación" entre info. en dispositivo y en SD
 - Puede ser automática o manual
 - Mayores amenazas a la seguridad y privacidad

Sistemas Operativos Distribuidos
14

Fernando Pérez
José María Peña
María S. Pérez

Ubiquitous Computing

- Computadores omnipresentes incluidos en todo tipo de objetos
- SD formado por los dispositivos de cómputo en un ámbito
- Aspectos a considerar
 - Sistema dinámico: componentes (des)aparecen y se mueven
 - *Spontaneous Networking*
 - Localización de dispositivos/usuarios
 - *Wearable Computing*
 - *Context-aware Computing*
- Escenarios de ejemplo
 - Imprimir fotos al llegar a un hotel
 - Visita guiada a un museo

Sistemas Operativos Distribuidos
15

Fernando Pérez
José María Peña
María S. Pérez

Sistemas Operativos Distribuidos

Objetivos de un Sistema Distribuido

- Transparencia
- Rendimiento
- Capacidad de crecimiento
- Carácter abierto
- Fiabilidad

Sistemas Operativos Distribuidos
16

Fernando Pérez
José María Peña
María S. Pérez

Transparencia

Existen varios perfiles de transparencia:

- **Acceso:** Manera de acceder a recurso local igual que a remoto.
 - **Posición:** Se accede a los recursos sin conocer su localización.
 - **Migración:** Recursos pueden migrar sin afectar a los usuarios.
 - **Concurrencia:** Acceso concurrente no afecta a los usuarios.
 - **Replicación:** La existencia de réplicas no afecta a los usuarios.
 - **Fallos:** La ocurrencia de fallos no afecta a los usuarios.
 - **Crecimiento:** El crecimiento del sistema no afecta a los usuarios.
 - **Heterogeneidad:** Carácter heterogéneo no afecta a los usuarios.
- No siempre se puede conseguir
 - Ni siempre es buena:
 - Diseñadores de Java RMI consideran que la invocación de métodos remota no debe ser exactamente igual que la local
 - "A Note on Distributed Computing", Jim Waldo, 1994

Sistemas Operativos Distribuidos
17

Fernando Pérez
José María Peña
María S. Pérez

Rendimiento

Rendimiento para un **servicio multiusuario:**

- Objetivo: Rendimiento no peor que un sistema centralizado

Rendimiento para la **ejecución paralela** de aplicaciones:

- Objetivo: Rendimiento proporcional a procesadores empleados

Factores:

- Uso de esquemas de caché
 - Intentar que muchos accesos se hagan localmente
- Uso de esquemas de replicación
 - Reparto de carga entre componentes replicados
- En ambos casos: Coste de mantener la coherencia

Sistemas Operativos Distribuidos
18

Fernando Pérez
José María Peña
María S. Pérez

Capacidad de crecimiento

Diseño de un sistema distribuido **debe evitar** "cuellos de botella":

- Componentes centralizados
- Tablas centralizadas
- Algoritmos centralizados

Estrategias:

- Reparto de estructuras de datos entre varios nodos.
- Replicación y caché
- Realización de parte del procesamiento en los nodos cliente.

Características deseables en un algoritmo distribuido:

- Ninguna máquina tiene información completa del estado del sistema
- Las decisiones se basan sólo en información disponible localmente
- El fallo de una máquina no debe invalidar el algoritmo
- No debe asumir la existencia de un reloj global

Sistemas Operativos Distribuidos
19

Fernando Pérez
José María Peña
María S. Pérez

Sistemas Operativos Distribuidos

Carácter abierto

- SD abierto: servicios, protocolos, etc. publicados y estándares
- Facilita la interacción con otros sistemas abiertos
- Posibilita migración de aplicaciones a/desde otros SD abiertos
- Flexibilidad para cambiar y extender el SD
- Esconde heterogeneidad de HW, SO, lenguajes, ...

Sistemas Operativos Distribuidos
20

Fernando Pérez
José María Peña
María S. Pérez

Fiabilidad

- Teóricamente: OR-lógico de sus componentes.
- Sin embargo, a veces: AND-lógico de varios componentes.
- Evitar componentes críticos (punto único de fallo).
- Uso de replicación activa o pasiva
 - Mantenimiento de coherencia entre réplicas
- Operación correcta en sistema particionado por error de red
 - "Reconciliación" al reintegrarse

Sistemas Operativos Distribuidos
21

Fernando Pérez
José María Peña
María S. Pérez

Software de sistema de los SD

- SO para máquina con m. compartida no válido para SD
 - SW **fuertemente** acoplado sobre HW **fuertemente** acoplado
- Primeros sistemas: "Sistemas Operativos de Red"
 - Sistema operativo convencional + utilidades de red.
 - Protocolos de comunicación para acceso a recursos.
 - Cada máquina una copia de SO (posiblemente distinto).
 - SW **débilmente** acoplado sobre HW **débilmente** acoplado
- Software de sistema de SD debería hacer que:
 - usuarios lo perciban como sistema centralizado (*single system view*)
 - SW **fuertemente** acoplado sobre HW **débilmente** acoplado
- Dos arquitecturas software alternativas:
 - Sistemas Operativos Distribuidos
 - *Middlewares*

Sistemas Operativos Distribuidos
22

Fernando Pérez
José María Peña
María S. Pérez

Sistemas Operativos Distribuidos (SOD)

- Una copia del mismo SO en cada procesador
- Necesidad de desarrollar nuevos conceptos
- Algunos ejemplos de esta problemática específica:
 - ¿Cómo lograr exclusión mutua sin memoria compartida?
 - ¿Cómo tratar los interbloqueos sin un estado global?
 - Planificación de procesos: Cada copia del sistema operativo tiene su cola de planificación (migración de procesos).
 - ¿Cómo crear un árbol de ficheros único?
 - Implicaciones de no reloj único, presencia de fallos o heterogeneidad.
- SOD revolución: ¿tiramos a la basura nuestros SSOO viejos?
- Mejor evolución: *middleware*.

Sistemas Operativos Distribuidos
23

Fernando Pérez
José María Peña
María S. Pérez

Sistemas Operativos Distribuidos

Middleware

Middleware:

- Capa de software que ejecuta sobre el sistema operativo local ofreciendo unos servicios distribuidos estandarizados.
- Sistema abierto independiente del fabricante.
- No depende del hardware y sistema operativo subyacente.

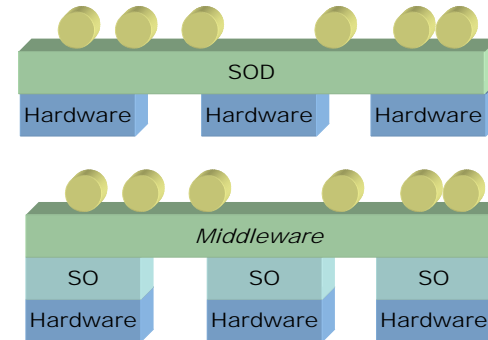
Ejemplos:

- DCE (Open Group).
- CORBA (OMG).

Sistemas Operativos Distribuidos
24

Fernando Pérez
José María Peña
María S. Pérez

SOD versus Middleware



Sistemas Operativos Distribuidos
25

Fernando Pérez
José María Peña
María S. Pérez

Componentes de un Sistema Distribuido

Componentes = Temario

- Servicios de comunicación.
- Servicio de nombres.
- Sistemas de ficheros distribuidos.
- Gestión de procesos.
- Memoria compartida distribuida.
- Servicios de sincronización y coordinación.
- Servicio de tolerancia a fallos y seguridad.

Sistemas Operativos Distribuidos
26

Fernando Pérez
José María Peña
María S. Pérez

Servicios de comunicación

- Arquitecturas de comunicación:
 - Cliente/servidor
 - Editor/subcriptor
 - *Peer-to-peer*
 - Arquitecturas para computación distribuida (p.e. maestro/trabajador)
- Tecnologías de comunicación:
 - Paso de mensajes (*sockets*)
 - Llamada a procedimientos remotos (RPC).
 - Invocación de métodos remotos (RMI).
 - Tecnologías de objetos distribuidos (CORBA).
 - Servicios web.
 - Arquitecturas orientadas a servicios (SOA).

Sistemas Operativos Distribuidos
27

Fernando Pérez
José María Peña
María S. Pérez

Sistemas Operativos Distribuidos

Servicio de nombres

- Composición del espacio de nombres
- Distribución y replicación del espacio de nombres
- DNS
- Servicio de directorio
- LDAP
- Servicio de descubrimiento

Sistemas Operativos Distribuidos
28

Fernando Pérez
José María Peña
María S. Pérez

Sistemas de Ficheros Distribuidos

- Estructura de un SFD
- Resolución de nombres
- Acceso a los datos
- Gestión de cache
- Gestión de cerrojos
- NFS, AFS y Coda
- Sistemas de ficheros paralelos

Sistemas Operativos Distribuidos
29

Fernando Pérez
José María Peña
María S. Pérez

Gestión de procesos

- Caracterización de la carga:
 - Consumo de CPU.
 - Consumo de otros recursos (Memoria)
 - Prioridades.
- Estrategias de asignación de procesadores a procesos:
 - Cuándo, cuál y a dónde.
- Planificación de procesos:
 - Planificación interna.
 - Planificación global.
- Migración de procesos
 - Equilibrado de carga.
 - Aprovechamiento de máquinas inactivas.

Sistemas Operativos Distribuidos
30

Fernando Pérez
José María Peña
María S. Pérez

Memoria Compartida Distribuida (DSM)

- Concepto:
 - Memoria físicamente privada pero lógicamente compartida.
- Estrategias de implementación:
 - Basada en páginas.
 - Basada en variables compartidas.
- Aspectos de diseño de DSM
- Modelos de coherencia
- DSM basada en espacios de tuplas

Sistemas Operativos Distribuidos
31

Fernando Pérez
José María Peña
María S. Pérez

Sistemas Operativos Distribuidos

Sincronización y Coordinación

Comprende los conceptos de:

- Tiempo en entornos distribuidos: Sincronización de relojes y relojes lógicos.
- Concurrencia y Paralelismo: Exclusión mutua e interbloqueos.
- Algoritmos distribuidos: Elección de líder, consenso, ...
- Transacciones: Propiedades ACID, modelos de *commit/rollback*.

Afecta a otros servicios:

- Nombrado e identificación.
- Seguridad y fiabilidad.
- Comunicaciones.
- ...

Tolerancia a Fallos y Seguridad

- Tolerancia a fallos
 - Replicación de datos y de servicios
 - Mantenimiento de coherencia entre réplicas
- Tipología de los ataques a la seguridad:
 - Privacidad y confidencialidad.
 - Autenticación (*spoofing*).
 - Denegación de servicio.
- Modelos y herramientas de seguridad:
 - Cifrado: clave pública (RSA) y privada (DES).
 - Protocolos de seguridad: IPsec, SSL.
 - Certificados y firmas digitales: X.509.
 - Elementos de seguridad: Cortafuegos.
- Entornos de seguridad: p. ej. Kerberos.