T1 - Introducción

Tecnologías de los Sistemas de Información en la Red

Objetivos

- Entender por qué todo sistema que utilice una red de intercomunicación es un sistema distribuido.
- Identificar qué es un sistema distribuido, por qué son relevantes y cuáles son sus aplicaciones principales.
- Conocer algunos ejemplos de sistemas distribuidos.
- Estudiar la evolución de los sistemas distribuidos escalables e identificar la computación en la nube ("*cloud computing*") como la etapa actual de esta evolución.

Índice

1. Concepto de sistema distribuido

- Conjunto de agentes autónomos
  - Cada agente es un proceso secuencial que avanza a su propio ritmo.
- Los agentes interactúan. Opciones:
  - Intercambio de mensajes
  - Memoria compartida
- Los agentes tienen su propio estado independiente
- Hay algún objetivo común en esta cooperación
  - Mediante el que se podrá evaluar el comportamiento global del "sistema".
- En la práctica, un sistema distribuido es un sistema en red.

Índice

1. Concepto de sistema distribuido
2. Relevancia
3. Áreas de aplicación
4. Computación en la nube
5. Paradigmas de programación
6. Conclusiones

2. Relevancia

- Sistemas distribuidos
  - Área en evolución desde sus orígenes
  - Rama de los sistemas concurrentes
    - Ampliamente estudiada por su utilidad en el diseño de sistemas de tiempo compartido.
    - CSD proporcionó la base para familiarizarnos con múltiples aspectos de los sistemas concurrentes.
  - Reforzada con la evolución de las redes de ordenadores.
    - ¿Cómo conseguir que todos esos ordenadores hagan algo globalmente útil?

2. Relevancia

- Aspectos relevantes (presentados en los 80)
  - a) Mejora del rendimiento
    - Seleccionar una actividad (problema) compleja, dividirla en tareas (subproblemas), asignar cada tarea a un ordenador diferente.
  - b) Mayor disponibilidad. Idea básica:
    - Si un ordenador se avería, todavía habrá otros ordenadores capaces de ejecutar las tareas del que ha fallado.
  - c) Compartición de recursos
    - Un ordenador puede tener recursos (p.ej., impresoras, discos...) que otros ordenadores no tengan (y que no necesiten tener).
    - Debe ser posible el acceso a recursos desde cualquier ordenador.

2. Relevancia

- Todas esas razones son todavía válidas porque el entorno de computación actual ESTÁ distribuido e interconectado
  - Infinidad de “ordenadores” conectados
  - Infinidad de servicios remotos
    - Accedidos como recursos compartidos
    - Todos conocemos y utilizamos la web
- Desafíos
  - Aprovechar la conectividad para obtener resultados útiles
  - Crear subsistemas capaces de proporcionar servicios robustos
    - ¿Cómo se las apaña Google para implantar su servicio de búsqueda?
    - ¿Cómo gestiona Dropbox el uso compartido de ficheros por parte de millones de usuarios?
    - ¿Cómo distribuir entre millones de voluntarios la simulación de nuevos fármacos contra el cáncer?

Índice

1. Concepto de sistema distribuido
2. Relevancia
3. Áreas de aplicación
4. Computación en la nube
5. Paradigmas de programación
6. Conclusiones

3. Áreas de aplicación

- Las más destacables son:
  1. *World Wide Web*
  2. Redes de sensores
  3. *Internet of Things*
  4. Computación cooperativa
  5. *Clusters* altamente disponibles
- Las tratamos a continuación…

3.1 Aplicación a WWW

- Basada en el modelo cliente/servidor.
- El servidor espera peticiones de documentos.
  - Las peticiones implican la lectura o modificación de un documento.
- Los clientes son los navegadores web, que envían y reciben documentos
  - Los navegadores analizan el documento buscando metadatos.
  - Los enlaces son un caso particular de metadatos que apunta a otros documentos.
    - Los documentos pueden estar en otro servidor.
- Paradigma simple y potente
  - Diseñado inicialmente para compartir documentos.
  - Extendido para permitir que las peticiones sobre documentos se convirtieran en peticiones de servicio
    - Los “documentos” retornados incluyen el resultado de la petición efectuada.

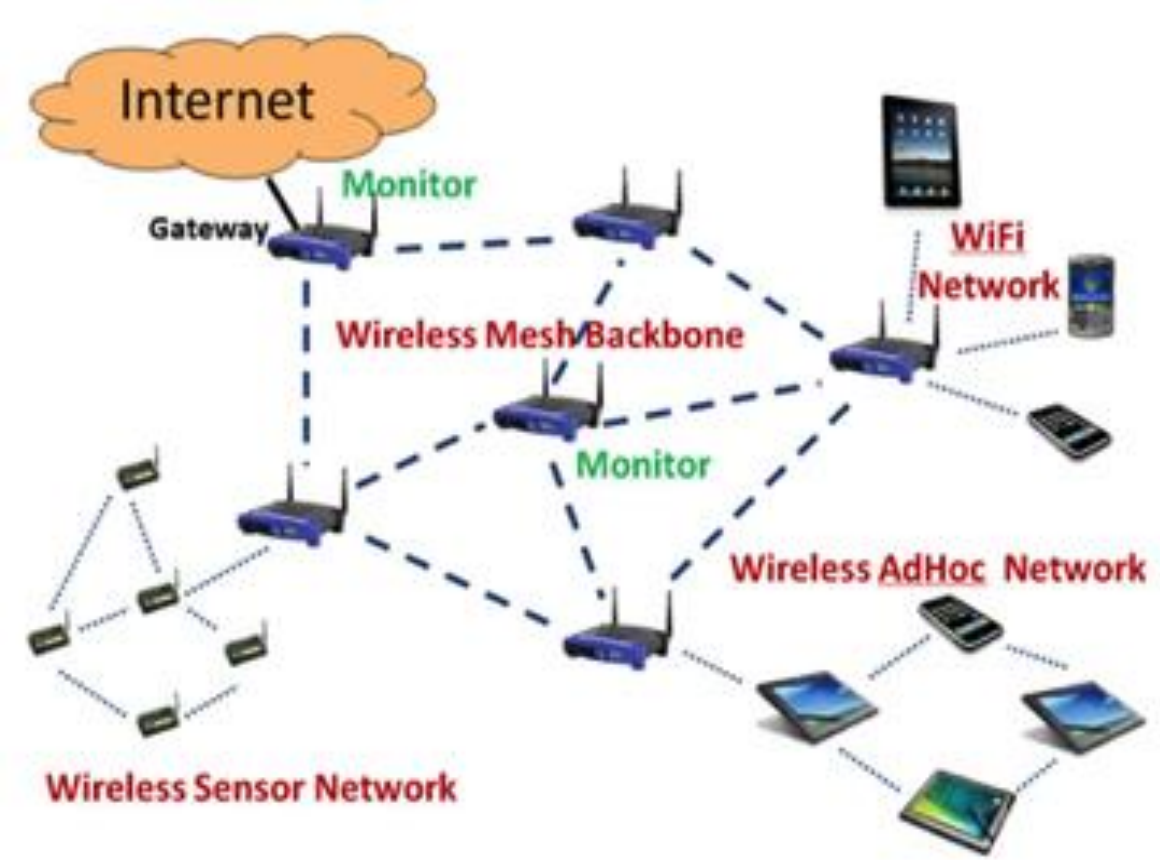
3.2 Aplicación a redes de sensores

- Han surgido gracias al coste descendente de los equipos.
- Mini-ordenadores de propósito específico
  - “Motes”
- Empotrados en dispositivos de uso cotidiano
  - P.ej., en algunos electrodomésticos
- Contienen sensores
  - Humedad, temperatura, consumo eléctrico…
- Amplio rango de aplicaciones potenciales
  - Vigilancia
  - Detección de desastres (químicos, biológicos…)
  - Monitorización del consumo eléctrico
  - …

3.3 Aplicación a la "*Internet of Things*"

- Motivación: facilitar la conectividad e interoperabilidad de todos los dispositivos
  - Generalización de las redes de sensores
    - Todos los dispositivos pueden interactuar entre sí
    - Los dispositivos pueden alterar su entorno físico
  - Se abren nuevos escenarios
    - Ciudades inteligentes
    - Automatización de múltiples procesos (construcción, fabricación...)
    - Cuidado médico informatizado
    - ...

3.3 Aplicación a la "*Internet of Things*"



3.4 Aplicación a la Computación cooperativa

- Muchos problemas científicos pueden dividirse en piezas (tareas)
  - Cada tarea puede resolverse en un intervalo breve.
  - Los resultados de las tareas pueden componerse para construir la solución del problema completo.
- Los servidores pueden obtener una instancia de esos problemas
  - El servidor crea un conjunto de tareas
- Los ordenadores de *voluntarios* pueden suscribirse para recibir tareas que resolver
  - Esos PCs están infrautilizados y disponen de muchos recursos libres
  - Instalan un cliente especial: el "runtime" para ejecutar tareas
- El servidor distribuye tareas entre los clientes registrados y recoge sus resultados

3.5 Aplicación a *clusters* altamente disponibles

- Hasta ahora hemos presentado áreas de aplicación dedicadas a la cooperación y la compartición de recursos.
- Problema: Los dispositivos fallan. Los ordenadores son dispositivos que en algún momentos fallarán.
- Pero… no todos los dispositivos de un sistema fallan a la vez.
- Algunos entornos necesitan un alto nivel de disponibilidad
  - Bancario
  - Empresarial
  - Asistencia médica
  - …
- Primera aproximación: conviene tener más de un dispositivo para soportar las situaciones de fallo.

3.5 Aplicación a *clusters* altamente disponibles

- *Cluster* altamente disponible:
  - Conjunto de ordenadores con programas servidores de los que dependen los clientes.
  - Suelen mantener un conjunto crítico de datos.
  - Diseñados con protocolos específicos para **soportar fallos en los ordenadores**.

  - Dos aspectos principales:
    - Mantener la **integridad** de la información gestionada
    - Mantener la **disponibilidad** del servicio

3.6 De *clusters* altamente disponibles al *cloud computing*

- Principal tendencia actual para construir y facilitar servicios
- Hechos aceptados:
  1. Se **infrautiliza** la potencia de cómputo con las arquitecturas tradicionales
  2. Resulta **caro** establecer centros de cómputo para cada empresa, con todas las aplicaciones que requieren:
     - Adquirir programas y equipos
     - Sueldos del personal que administra estas aplicaciones y equipos.
     - Coste de la energía eléctrica
       - Todavía más caro si consideramos la infrautilización

… esto conduce a la computación en la nube ("*cloud computing*" → CC)…

Índice

1. Concepto de sistema distribuido
2. Relevancia
3. Áreas de aplicación
4. Computación en la nube
5. Paradigmas de programación
6. Conclusiones

4. Computación en la nube (*CC: cloud computing*)

- Hablaremos de:

1. Programas y servicios
2. Roles en el ciclo de vida de un servicio
3. Evolución de los servicios software
   a) Mainframes
   b) Ordenadores personales
   c) Centros de cómputo empresariales
   d) SaaS
   e) IaaS
   f) SaaS sobre IaaS
   g) PaaS
4. Resumen

4.1 CC: Programas y servicios

- Objetivo general del CC:
  - Convertir la creación y explotación de los servicios "software" en algo más sencillo y más eficiente.
- Un hecho aceptado y obvio:
  - Los programas siempre se han desarrollado para ofrecer algún tipo de servicio.
  - Con la ayuda de los ordenadores, por supuesto.
- La evolución de la industria informática ha ocultado parcialmente este hecho:
  - La industria de los ordenadores personales ha impuesto un modo particular de interacción de los usuarios con sus ordenadores.

4.2 Roles en el ciclo de vida de un servicio

Consideramos estos 4 roles:

a) **Desarrollador**
   - Implanta los componentes de las aplicaciones

b) **Proveedor de servicios**
   - Decide las características del servicio, los componentes que lo constituyen y cómo debe ser configurado y administrado

c) **Administrador del sistema**
   - Se encarga de que cada pieza de *software* y *hardware* esté en su lugar apropiado y adecuadamente configurado.

d) **Usuario**
   - Accede al servicio

4.3 Evolución de los servicios *software*
a) ***Mainframes***

- La *administración del sistema* está realizada por especialistas
- Muy pocos focos de contención
  - Sistemas con una reducida base de usuarios
- Uso eficiente de los equipos
  - Compartidos por múltiples usuarios
  - Coste bajo para cada usuario
    - Coste de adquisición soportado por el propietario del equipo: institución
- Los usuarios siguen roles mixtos
  - Muchos fueron desarrolladores
  - Muchos fueron también sus propios proveedores de servicios
    - Con los programas que ellos desarrollaron
    - Con los programas desarrollados por otros
- Los usuarios estaban implicados en demasiados detalles de la gestión de los servicios que ellos mismos debían utilizar

4.3 Evolución de los servicios *software*
b) **Ordenadores personales**

- Los ordenadores personales fueron el resultado de la tendencia a una mayor potencia de cómputo en cada equipo
  - Los usuarios ya no necesitaban acceder a un "*mainframe*" en un centro de cálculo.
- Se elimina la contención
  - Uno de los principales argumentos de venta de este paradigma
- Uso deficiente de los recursos: el ordenador se infrautiliza
- Inversión a realizar: coste de la compra
- Se racionaliza el rol de desarrollador
  - Empresas especializadas construyen y comercializan los programas
- Pero todavía se exige que el usuario desempeñe varios roles:
  - Proveedor de servicios
    - Debe seleccionar qué programas necesitará para realizar sus tareas
  - Administrador de su ordenador personal
- Entorno demasiado complejo para la mayoría de los usuarios

4.3 Evolución de los servicios *software*
c) **Centros de cómputo empresariales**

- Implantados mediante *clusters* altamente disponibles
- Características similares al entorno de ordenadores personales
  - El usuario es ahora la empresa
  - Personal especializado que sigue compartiendo los roles de administrador de sistema y proveedor de servicios: Coste muy alto
  - En ocasiones se añade el rol de desarrollador de programas internos
- Variante basada en mantener estos programas en centros de datos externos
  - Evita el coste de adquisición de los equipos
  - Reduce y externaliza el coste de administración y mantenimiento de los equipos
  - Evita el coste fijo de consumo eléctrico
  - La gestión de los costes informáticos resulta más sencilla

4.3 Evolución de los servicios *software*
d) ***Software as a Service*** (SaaS)

- Se accede a los servicios a través de la red
  - Mediante un navegador web
- Separación clara del rol de usuario
  - El servicio está definido por una tercera parte: el proveedor de servicios
- No queda tan clara la separación de los demás roles
  - Los programas suelen ser desarrollados inicialmente por el proveedor
  - Todas las tareas de administración suelen recaer en el proveedor
    - Incluyendo la administración de equipos en los centros de datos
    - Incluyendo la administración de los programas instalados en estos equipos
- Inicialmente, surgen algunas ineficiencias:
  - Falta de flexibilidad en la distribución de los equipos
    - Conlleva que el proveedor se ciña a cierto uso de los recursos
    - Limita la compartición de recursos
  - Contención limitada: se reservan recursos para la demanda esperada

4.3 Evolución de los servicios *software*
d) ***Software as a Service*** (SaaS)

- Factores que condujeron hacia los sistemas SaaS:
  - Mejora de las tecnologías de red
    - Mayor ancho de banda
    - Menor retardo
  - Capacidad de los centros de datos existentes
    - Posibilitó la oferta de servicios a usuarios externos
  - Mejoras en la tecnología de los navegadores web
    - Tipificadas en el término "Web 2.0"
    - Navegadores capaces de ejecutar localmente interacciones complejas
      - Permiten interfaces de usuario más atractivas
      - Escalabilidad mejorada: Menor carga en el servidor

4.3 Evolución de los servicios *software*
e) *Infrastructure as a Service* (IaaS)

- Facilita la capacidad para asignar o redistribuir los recursos de cómputo y de red bajo petición.
  - Peticiones vía API a un servicio (el servicio IaaS)
  - Posibilidad de cargar imágenes de SO sobre esos ordenadores
  - Posibilidad de solicitar capacidades concretas para los ordenadores y los recursos de red
- Posible gracias a la tecnología de virtualización de equipos
  - La asignación de recursos de cómputo (virtuales) es fácil y rápida
  - Fácil configuración de la capacidad de los recursos de cómputo
  - Resulta fácil la instalación de una imagen de sistema sobre una máquina virtual

4.3 Evolución de los servicios *software*
f) SaaS sobre IaaS

- IaaS introduce un modelo de "pago por uso"
  - Una característica central de la computación en la nube
- Facilita la creación de SaaS que se adaptan a la carga generada por sus usuarios
  - Cuanto mayor sea esa carga, se solicitará un mayor número de recursos a la infraestructura
    - *Elasticidad:* otra característica central de los sistemas Cloud
  - Traslada el modelo de "pago por uso" a los sistemas SaaS
    - Los usuarios de un sistema SaaS también pagan según su utilización del servicio
- Obliga a un uso eficiente de los recursos por parte del proveedor SaaS
  - La mayoría de los costes son variables
  - No hay costes directos por reservar cierta capacidad (compra o compromiso de pago)
  - Lo que se ahorre beneficiará al usuario SaaS: mercado competitivo de servicios

4.3 Evolución de los servicios *software*
f) SaaS sobre IaaS

- Los proveedores IaaS toman los riesgos de la inversión directa (compra de los recursos físicos)
  - Esperan una gran población de proveedores SaaS
    - A su vez, facilitando servicios a un alto número de usuarios SaaS
    - Gran demanda de recursos virtualizados
- El proveedor SaaS todavía desempeña varios roles
  - Proveedor de servicios *software* (su rol natural)
  - Debe gestionar la asignación de recursos *hardware*
  - Debe gestionar las imágenes de sistema a instalar, sus actualizaciones y la base de programas a utilizar sobre esos sistemas
  - Debe implantar su propia estrategia de gestión de servicios
    - Mecanismos de monitorización
    - Mecanismos de actualización

4.3 Evolución de los servicios *software*
g) *Platform as a Service* (PaaS)

- Debería eliminar cualquier tarea extraña para los proveedores SaaS
  - Todavía en sus inicios, desafortunadamente.
- Será equivalente a un sistema operativo
  - Especifica un modelo de servicios sobre el que basar la especificación de los SaaS y el desarrollo de sus componentes *software*
  - Incluye los aspectos siguientes
    - Modelos de configuración y de gestión del ciclo de vida (incluyendo las relaciones de dependencia entre componentes)
      - Mecanismos de composición, configuración, despliegue y actualización
    - Modelo de rendimiento
      - Monitorización automática de parámetros relevantes
      - Expresión de puntos de elasticidad
      - Reconfiguración automatizada en función de la carga

Estructura ideal (en niveles)

4.4 Resumen de C.C.

- La computación en la nube (CC) **se centra en la eficiencia y la facilidad de uso**:
  - Compartición eficiente de los recursos
    - Consumir solo lo que se necesite
    - Pagar solo por lo que se ha utilizado
  - Adaptación sencilla a una cantidad variable de usuarios
  - Facilitar formas sencillas para desarrollar y proveer un servicio

- Se han identificado **tres niveles de servicios** en la nube:
  - *Software as a Service* (SaaS)
    - Para facilitar aplicaciones como servicio a un gran número de usuarios
  - *Platform as a Service* (PaaS)
    - Para automatizar la gestión de recursos para los SaaS y facilitar la creación y despliegue de estos servicios
  - *Infrastructure as a Service* (IaaS)
    - Para proporcionar elasticidad a los sistemas SaaS

- Desde la perspectiva de los usuarios, el CC es similar a un regreso a la era de los "*mainframes*".

Índice

1. Concepto de sistema distribuido
2. Relevancia
3. Áreas de aplicación
4. Computación en la nube
5. Paradigmas de programación
6. Conclusiones

5. Paradigmas de programación

- La forma más común de organizar un sistema distribuido se basa en convertir cada proceso en un "servidor"
  - Recibe peticiones, las procesa y retorna respuestas
- Los servidores, a su vez, solicitan servicio a otros servidores
  - Pueden necesitar esos servicios para completar una petición recibida
- **Para ser escalable, un servidor no debe suspenderse** mientras gestione una petición
  - Debe ser capaz de aceptar otras peticiones

5.1. Servidores concurrentes (estado compartido)

- Programas concurrentes (con múltiples hilos)
  - Cada petición es servida por su propio hilo
  - Todos los hilos comparten un estado global
  - Se utilizan mecanismos de control de concurrencia para garantizar atomicidad
- Ventajas
  - Los hilos pueden suspenderse esperando peticiones, sin suspender a todo el proceso servidor
- Inconvenientes
  - La programación multi-hilo tiene sus propias sobrecargas
    - Necesita mecanismos de control de concurrencia. Implica suspensión.
  - La programación concurrente con memoria compartida resulta...
    - difícil de implantar sin errores
    - difícil de razonar sobre cómo se comporta (y justificar su corrección)
- Entornos predominantes:
  - Java
  - .NET

5.2. Servidores asincrónicos

- La programación asincrónica (o programación dirigida por eventos)...
  - corresponde fielmente al modelo de programación guarda/acción.
  - genera programas con múltiples actividades, pero...
    - el estado compartido nunca podrá ser accedido concurrentemente por esas actividades
- Los "eventos" son las "guardas"
- Las acciones se establecen como "*callbacks*" de los eventos
  - Para facilitar la programación se relacionan dinámicamente las acciones/guardas.
  - Al implantar las acciones, ciertos mecanismos del lenguaje de programación permiten establecer qué estado se verá afectado por ellas.
    - Se reduce la complejidad para "preparar" el estado que relacionará acciones internas.
- Las acciones preparadas para ejecución se "encolan"
  - Se ejecutarán siguiendo el orden FIFO de la cola

5.2. Servidores asincrónicos

- Ventajas
  - La complejidad en la gestión de estado compartido desaparece
    - Pero debe considerarse el orden de activación (es decir, de “encolado”) para evitar sorpresas
  - Menor sobrecarga, pues no se necesita un soporte multi-hilo
    - Mayor escalabilidad
  - Modelo más próximo a la forma real de trabajo en un sistema distribuido: dirigido por eventos
    - Resulta más fácil razonar sobre qué está ocurriendo en cada momento
- Inconvenientes
  - Se necesita una gestión adecuada del estado al implantar las acciones
  - Se necesita que todo el entorno sea asincrónico, no sólo la comunicación entre procesos
    - Los servicios del sistema operativo deben ser asincrónicos, para evitar suspensiones
- Entornos predominantes con soporte nativo en el lenguaje:
  - NodeJS
  - Async .NET

Índice

1. Concepto de sistema distribuido
2. Relevancia
3. Áreas de aplicación
4. Computación en la nube
5. Paradigmas de programación
6. Conclusiones

6. Conclusiones

- Los sistemas en red son sistemas distribuidos
  - La mayoría de la computación se desarrolla hoy en día sobre la red
    - Por tanto, es distribuida
  - Un diseño y desarrollo adecuados requieren un profundo conocimiento de la programación concurrente y de las arquitecturas utilizadas
- Amplio conjunto de áreas de aplicación ya en explotación
- La computación en la nube como última etapa importante en la evolución de la computación
  - Caracterizada por la eficiencia en el uso de los recursos
  - Con un modelo de acceso de "pago por uso"
  - Elasticidad y escalabilidad como objetivos principales
- Dos paradigmas de programación para desarrollar servicios distribuidos:
  - Servidores concurrentes (multi-hilo)
    - Deben gestionar condiciones de carrera. Puede haber bloqueos.
  - Servidores asincrónicos
    - Orientación a eventos. Fácilmente escalables.