
PROGRAMA ANALÍTICO

Curso: Virtualización y Sistemas Distribuidos

Docente Responsable: Dr. Pablo Andrés Pessolani

Duración: 60 HS

1. Fundamentos

Con el advenimiento del procesamiento en la Nube (Cloud Computing) es difícil encontrar aplicaciones que trabajen en forma aislada. Los procesos que componen esas aplicaciones se comunican entre sí utilizando diferentes tecnologías de redes que, en general le son transparentes y que cumplen la función de transportar datos entre ellas. Tampoco es fácil encontrar servicios que se ejecuten en computadores centralizados y que éstos satisfagan los exigentes requerimientos de las aplicaciones tales como la tolerancia a fallos, el escalamiento en el rendimiento, o el ahorro energético. Los Sistemas Distribuidos son aquellos que no solo permiten la comunicación de los procesos entre sí, sino que también dan soporte a los requerimientos mencionados a través de algoritmos, mecanismos y tecnologías que, sin las cuales, la calidad de servicio de las grandes aplicaciones que se ejecutan en la Nube no serían posibles.

Los sistemas distribuidos se implementan en diversas plataformas hardware, desde unas pocas estaciones de trabajo conectadas por una red de área local, cientos de clusters de servidores conectados entre sí en forma global que enlazan miles de computadores, dispositivos de almacenamiento, dispositivos de seguridad, estaciones de gestión, dispositivos de redes, etc.

Entre los principales objetivos que tienen los sistemas de procesamiento distribuido son:

- Alto niveles de rendimiento: que son imposibles de alcanzar mediante un sistema de cómputos centralizado
- Compartición de Recursos: de tal forma de aprovechar los recursos de todo el sistema (CPU, almacenamiento, etc.)
- Confiabilidad: Esta característica es muy importante en aplicaciones críticas que pretenden lograr altos niveles de disponibilidad, confiabilidad y tolerancia a fallos.
- Eficiencia: Se trata de que los datos se encuentren ubicados lo más cercano posible al lugar donde se procesan para reducir las latencias y ofrecer mejores tiempos de respuesta.
- Transparencia: De tal forma de ocultar todas aquellas acciones que se llevan a cabo en la trastienda mientras se realizan las operaciones.

Las aplicaciones de los sistemas distribuidos varían desde la provisión de capacidad de cómputo a grupos de usuarios, hasta sistemas bancarios, comunicaciones multimedia y abarcan prácticamente todas las aplicaciones que hoy se ejecutan en la Nube. Se deben

proveer accesos concurrentes a bases de datos por parte de muchos usuarios, garantizar tiempos de respuesta, proveer puntos de acceso al servicio que están distribuidos geográficamente, potencial para el crecimiento del sistema para acomodar la expansión del negocio y un marco para la integración de sistemas usados por diferentes compañías y organizaciones de usuarios.

Otra tecnología que ha potenciado la computación en la Nube es la de Virtualización. Desde sus orígenes en 1970 aproximadamente, hasta nuestros días, se han desarrollado diferentes tecnologías de Virtualización que abarcan desde niveles cercanos al hardware hasta las aplicaciones en sí mismas. Muchas son las propiedades que tiene la virtualización que la hacen una herramienta fundamental para las aplicaciones en la Nube: aislamiento de seguridad, de fallos y de rendimiento, consolidación de aplicaciones, mejoras en disponibilidad, facilidad de despliegue, gestión y operación, ahorro energético, entre otras.

2. Justificación

Las necesidades de alta performance, disponibilidad, tolerancia a fallos de las aplicaciones que demanda la sociedad actual requieren de sistemas y redes que permitan brindar estas características.

Hoy prácticamente no se conciben sistemas centralizados por las limitaciones que presentan en performance, escalabilidad y disponibilidad.

Un Magister en Sistemas de Información debe conocer las diferentes tecnologías de procesamiento distribuido y de virtualización de tal forma que en a futuro les permita seleccionar aquellas que resulten más adecuadas para los requerimientos de los sistemas de información que se implanten sobre ellos.

3. Objetivos (generales y específicos)

General: Presentar el estado del arte en el conocimiento de las tecnologías de Virtualización y de los Sistemas de Procesamiento Distribuido, sus variantes, características, beneficios y deficiencias, su diseño, implementación y optimización.

Específicos: Introducir los aspectos centrales de las tecnologías de Virtualización y de los Sistemas de Procesamiento Distribuido

- Estudio de algoritmos y técnicas de:
 - Virtualización de Hardware.
 - Virtualización a nivel de Sistemas Operativos (Contenedores).
 - Virtualización de Sistemas Operativos.
 - Virtualización a nivel de Procesos.
- Estudio de algoritmos y técnicas de:
 - Comunicación Entre Procesos
 - Sincronización y Exclusión Mutua Distribuida
 - Evaluación De Predicados Globales y Estados Consistentes
 - Memoria Compartida Distribuida

- Acuerdo Distribuido
- Planificación Distribuida
- Tolerancia A Fallos

4. Contenidos

Tema I: Introducción a los Sistemas Distribuidos

Hardware: Fuerte y Débilmente acoplados, SISD, SIMD, MISD, MIMD. Software: Débil y Fuertemente Acoplados. Diferencia entre Sistemas Operativos de Red, Sistemas Multiprocesador, Sistemas Multi-computador. Transparencia (Usuario, Programador). Transparencia de Ubicación. Transparencia de Migración. Transparencia de Replicación. Transparencia de Concurrencia. Transparencia de Paralelismo. Confiabilidad (Disponibilidad, Tolerancia Fallos). Rendimiento. Escalabilidad. Flexibilidad (Sistemas monolíticos vs micro-kernel)

Tema II: Comunicaciones En Sistemas Distribuidos

Comunicación en Sistemas Distribuidos. Arquitecturas Cliente/servidor. Direccionamiento. Primitivas con/sin bloqueo. Primitivas con/sin buffer. Primitivas confiables y no confiables.

Tema III: Llamada A Procedimientos Remotos

RPC. Funcionamiento de una llamada tradicional. Componentes (stubs). Funcionamiento (parameter marshaling). Problemas de tipos de parámetros (ASN). Variables globales. Regiones Críticas. Entorno (Environment). Punteros. Orientado o no a la conexión. Reconocimiento del mensaje/de paquetes. RPC en presencia de Fallos. Servidor no localizable. Solicitud Pérdida. Respuesta Pérdida. Servidor Fallido. Cliente Fallido. Dynamic Binding. Camino crítico. Copia por mapeo de página. Scatter and Gather.

Tema IV: Comunicaciones Grupales

Generalidades de Comunicación de grupos. Necesidad de Grupos. Tolerancia a Fallos. Servicios a Clientes. Grupos Abiertos y Cerrados. Join/leave a un Grupo. Multicast, Broadcast, multi-unicast. Addressing: por predicado. Pimitivas (Broadcast, Deliver). Reliable, Uniform, Atomic, FIFO. Orden Causal. Grupos Solapados. Grupos Jerárquicos. Atomicidad. Orden Total y Causal. Estabilidad de mensajes. Sincronismo Virtual. Quienes pueden usar grupos solapados. Causalidad entre grupos. Estudio de Caso: SPREAD.

Tema V: Estados Globales Consistentes

Relojes físicos. Definición de sistemas asincrónicos. Relojes de Lamport. Relojes Vector. Propiedades. Evaluación de Predicados Globales. Estados Globales. Cortes, Runs. Estados inconsistentes. Ejemplo de WFG. Monitoreo Activo/Pasivo. Historias Causales. Causal Delivery.

Canales Ocultos. Instantáneas Distribuidas. Algoritmo de Chandy Lamport. Predicados estables/no estables. Posiblemente(), Definitivamente(). Monitoreo múltiple.

Tema VI: Difusión Tolerante A Fallos

Modelos de Computación distribuida. Sincronía. Fallos de Procesos. Fallos de Comunicaciones. Determinismo vs Randomización. Tipos de Broadcast: Confiable, FIFO, Causal, Atómico, Causal Atómico, Temporizado, Uniforme. Inconsistencia y contaminación. Amplificación de Fallos. Algoritmos de Broadcast. Broadcast Confiable con Terminación (TRB). Consenso. Relación entre Consenso y TRB. Randomización. Sincronismo parcial. Detectores de Fallos. Complejidad de los Resultados. Tolerancia a Fallos. Complejidad temporal. Complejidad de mensajes.

Tema VII: Acuerdo Distribuido

Generales bizantinos (BG). Consenso Distribuido (DC). Consistencia Interactiva (IC). Relaciones. El problema de los Generales Bizantinos. Imposibilidad con 3 procesos. Solución con $n > 3f$. Replicación. Modelo Máquina de Estado Replicada. Modelo Primario/Backup. Paxos. Checkpoint y Rollbacks.

Tema VIII: Algoritmos de Elección y Exclusión Mutua

Algoritmos De Elección: Algoritmo Bully (matón), Anillo. Exclusión Mutua en Sistemas Distribuidos. Requerimientos de los Algoritmos. Como Evaluar el Rendimiento. Algoritmos sin token: Lamport, Ricart _ Agrawala, Roucairol _ Carvalho, Maekawa. Algoritmos sin token: Suzuki _ Kasami, Shingal, Raymond. Análisis Comparativo.

Tema IX: Planificación Distribuida y Migración de Procesos

Planificación distribuida. Taxonomía. Planificación estática. Planificación Dinámica. Balanceo de Carga. Política de estimación de Carga. Política de transferencia. Política de intercambio de información. Política de ubicación. Política de asignación de prioridades. Política de límites de migración. Migración de procesos. Características. Mecanismos de Migración. Pre transferencia. Por demanda.

Tema X: Memoria Compartida Distribuida (DSM)

Que es DSM. Multicomputadores basados en BUS. Snooping Cache. Write Through cache. Modelos de Consistencia: Estricta, Secuencial, Causal, PRAM, Processor, Weak, Release, Entry. Algoritmos Memoria Compartida Distribuida (DSM)

Tema XI: Introducción a las Tecnologías de Virtualización

Requerimientos. Características. Taxonomía. Hipervisores tipo 1 y Tipo 2. Paravirtualización. Emulación. Virtualización de dispositivos: CPU, memoria, discos, red.

Tema XII: Virtualización basada en Sistema Operativos

Contenedores. Virtualización de Procesos. Unikernels, Microservicios. Modelos de Computación en la Nube. IaaS, PaaS, AaaS. Data Centers

5. Metodología

El curso se llevará a cabo en 10 clases de 4 horas cada una. Las clases serán del tipo teórico con algunos laboratorios o demos de sistemas operando en donde se expondrán los conceptos teóricos con el propósito de afianzar los conocimientos.

Se proponen 3 trabajos Prácticos que completan la formación que los alumnos desarrollarán por fuera de los horarios de clases.

El docente dispone de horarios de consulta para la realización de los trabajos prácticos y para los exámenes.

6. Requisitos y procedimientos de evaluación

El curso se evaluará por medio de 3 (tres) trabajos prácticos y un examen escrito integrador, final e individual. Los trabajos prácticos se pueden realizar tanto individualmente como en grupo de hasta 3 integrantes.

La calificación final se expresará en escala numérica de cero (0) a diez (10) sin decimales. Para la promoción se requerirá la nota mínima de siete (7) (Ordenanza N° 1313).

7. Carga horaria: teórica y práctica

El dictado del curso tendrá una duración total de 60 horas, siendo 40 horas teóricas y 20 horas prácticas para realizar 3 (tres) trabajos prácticos.

Los trabajos prácticos sobre los siguientes temas:

- Programación Cliente/Servidor utilizando sockets TCP y UDP
- Programación Comunicaciones de Grupo utilizando SPREAD
- Despliegue de aplicaciones utilizando Docker.

Unidad Temática	Tiempo Estimado (hs.)		
	Teoría	Práctica	Total

Tema I: Introducción a los Sistemas Distribuidos	4		4
Tema II: Comunicaciones En Sistemas Distribuidos	4	6	10
Tema III: Llamada A Procedimientos Remotos			
Tema IV: Comunicaciones Grupales	4	8	12
Tema V: Estados Globales Consistentes	4		4
Tema VI: Difusión Tolerante A Fallos	4		4
Tema VII: Acuerdo Distribuido	4		4
Tema VIII: Algoritmos de Elección y Exclusión Mutua	4		4
Tema IX: Planificación Distribuida, Migracion de Procesos	4		4
Tema X: Memoria Compartida Distribuida (DSM)			
Tema XI: Introducción a las Tecnologías de Virtualización	4		4
Tema XII: Virtualización basada en Sistema Operativos	4	6	10
Total (hs.):	40	20	60

8. Infraestructura y Equipamiento

- Cañón Proyector
- Pizarra y Marcadores

9. Bibliografía

- Distributed Systems for practitioners, Dimos Raptis. 2020.
- Distributed and Cloud Computing : From Parallel Processing to the Internet of Things by Jack Dongarra, Kai Hwang and Geoffrey C. Fox (2011) ISBN-13: 139780123858801
- Introduction to Distributed Algorithms. Rachid Guerraoui, Luis Rodrigues. 2004
- *Distributed Systems* 3.01 Edición. Andrew S. Tanenbaum, Maarten van Steen. Pearson Education, 2017, ISBN-13: 978-1543057386
- Cloud Computing: Theory and Practice, Dan C. Marinescu, Morgan Kaufmann Publishers, 2017, ISBN 9780128128107.
- Distributed Systems: An Algorithmic Approach. Ghosh, Sukumar. CRC Press, 2014. ISBN 13: 9781482248128.
- *Advanced design and implementation of virtual machines*. Li, Xiao-Feng. CRC Press. 2017. ISBN 13: 978-1-4665-8260-6.
- *Practical virtualization solutions: virtualization from the trenches*. Kenneth Hess, Amy Newman. Pearson Education, 2009. ISBN-13: 978-0-137-14297-2.
- *Introduction to Reliable and Secure Distributed Programming*, Christian Cachin, Rachid Guerraoui, Luis Rodrigues. Springer 2011. ISBN 978-3-642-15259-7.
- *Building Secure and Reliable Network Applications*, Kenneth P. Birman, Prentice Hall 1997. ISBN-13: 978-0137195848.

-
- *Distributed Systems*. Sape Mullender, Addison Wesley, 1993, ISBN 0201624273.