Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

Sistemas Operativos

Prof. Gunnar Eyal Wolf Iszaevich

Grupo 06. Semestre 2024-1

EXPOSICIÓN

“Los problemas de sincronización y consenso en los sistemas distribuidos”

Galván Zúñiga Adrián Ricardo

Becerril Martínez Erick Daniel

INTRODUCCIÓN

El avance de tecnologías de cómputo ha permitido una gran expansión de los sistemas de información; en cuestión de disponibilidad, conectividad, variedad de sistemas, de comunicaciones, etcétera.

Estos avances han permitido que surjan instalaciones de cómputo donde se pueden desplegar aplicaciones paralelas para conseguir procesamiento distribuido de tareas.

A los sistemas con estas características se les conoce como sistemas distribuidos.

¿QUÉ SON Y PARA QUÉ SIRVEN?

Tanenbaum (1996) los define como una colección de computadoras independientes que aparecen ante los usuarios del sistema como una única computadora.

Estos sistemas ofrecen múltiples ventajas en economía, velocidad, datos compartidos, dispositivos compartidos, rendimiento, entre otras.

Entre las ventajas de estos sistemas encontramos:

Confiabilidad: La distribución de recursos y datos reduce la dependencia de un punto de falla.

Economía: Mejor relación rendimiento / precio.

Velocidad: Mayor poder de cómputo que en una computadora centralizada.

Rendimiento: Debido a que los nodos se pueden escalar fácilmente de forma vertical y horizontal, este aumenta de forma considerable.

Datos y Dispositivos Compartidos: Los usuarios tienen acceso a una Base de Datos y a un Dispositivo costoso en común.

Entre las desventajas tenemos:

Complejidad de Desarrollo: El diseño, la implementación y el mantenimiento de sistemas distribuidos son generalmente más complejos que los sistemas centralizados.

Redes: Suelen ser frecuentes los problemas de transmisión de datos cuando se trata de grandes volúmenes de información.

Seguridad: La seguridad en sistemas distribuidos es un desafío, ya que la comunicación entre nodos puede ser vulnerable a amenazas como ataques de red.

Tolerancia a fallos: Las fallas operativas y de componentes aún son frecuentes.

Esta última desventaja es la que nos ocupará principalmente en esta presentación, pues revisaremos distintos casos de una de las situaciones que más pueden atraer problemas en los sistemas distribuidos; la sincronización.

La sincronización se vuelve más compleja en sistemas distribuidos que en sistemas centralizados, por razones como:

La información se distribuye en varios dispositivos.

Los procesos toman decisiones con base en información local.

Se debe evitar incluso un punto único de falla.

No existe un reloj o fuente de tiempo global.

EXCLUSIÓN MUTUA

En los sistemas distribuidos se presentan situaciones donde hay recursos compartidos que, por integridad del sistema, no deben ser utilizados por más de un proceso al mismo tiempo.

Como lo vimos en clase, los sistemas que comparten memoria pueden valerse de semáforos o monitores para garantizar el uso de la región crítica de manera exclusiva. No obstante, en los sistemas distribuidos los procesos ya no comparten la memoria de manera física, por lo que se requiere idear nuevos algoritmos que permitan la sincronización y garanticen la exclusión mutua.

Un algoritmo de exclusión mutua debe cumplir con tres requisitos básicos:

Evitar la inanición.

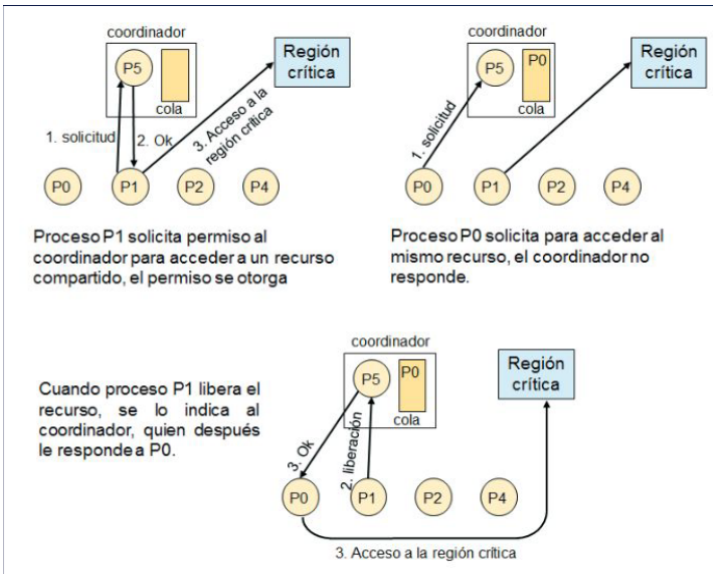
Garantizar la seguridad de los datos.

Llevar un cierto orden de los procesos.

A continuación, se presentan tres ejemplos de algoritmos de exclusión para sistemas distribuidos.

ALGORITMO DE SERVIDOR CENTRALIZADO (Tanenbaum & Van Steen, 2008)

Este algoritmo consiste en simular un solo procesador para realizar la exclusión. El algoritmo nombra a un proceso como coordinador, que es el que se encarga de dar acceso a la región crítica. Los procesos que quieran acceder al recurso compartido debe enviar una petición al coordinador, el cual brindará acceso dependiendo de si ya se encuentra otro proceso en la región crítica o no.



ALGORITMO DISTRIBUIDO (Ricart & Agrawala)

Basado en un consenso distribuido y requiere de un orden para todos los eventos del sistema.
Cuando un proceso quiere acceder, construye un mensaje formado por su nombre, número de proceso y hora de la petición. Posteriormente este mensaje se envía a todos los procesos, incluyéndose a sí mismo, con lo cual se
considera que la comunicación es confiable.

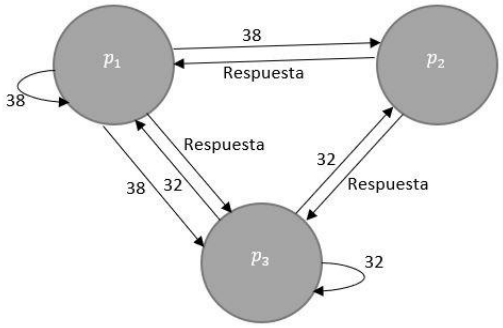
Cuando un proceso recibe el mensaje puede suceder:

Si el proceso no está en la región crítica y no quiere entrar, envía un OK.

Si el proceso se encuentra en la región crítica, no responde y se coloca la solicitud en cola.

Si no está en la región crítica pero desea entrar, se comparan los tiempos y el primero en hacer la solicitud gana. El proceso solicitante espera el permiso de los otros, y entra

a la región, si no, se bloquea. Cuando sale de la región envía un OK y saca a los procesos de su cola.



ALGORITMO DE ANILLO DE TOKEN (Lann, 1977)

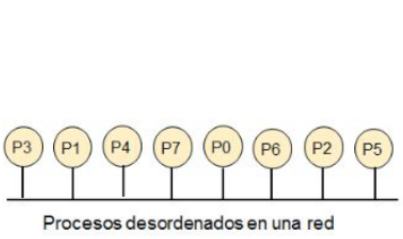
Se forma con las siguientes premisas:

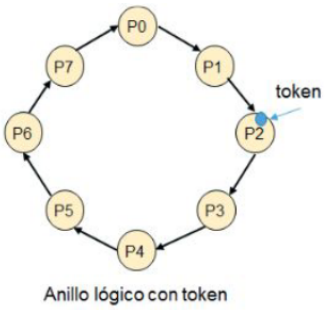
Los procesos pueden estar desordenados.

Todos los equipos conectados forman un anillo lógico.

Cada proceso es un nodo del anillo y se le asigna una posición en el anillo.

Cada nodo del anillo debe de saber cual es la dirección de su vecino.





CONSENSO EN LOS SISTEMAS DISTRIBUIDOS

Hemos visto que existen distintas formas de entender e implementar la sincronización entre procesos dentro del cómputo distribuido, y que algunas de estas implementaciones logran el objetivo con cierto éxito. Sin embargo, esto no es suficiente para garantizar que un sistema distribuido puede operar correctamente, pues existe otro problema considerado por expertos en el área como la mayor problemática del cómputo distribuido; el consenso.

El problema del consenso consiste en conseguir que, aún en presencia de procesadores erróneos, los procesadores correctos consiguen ponerse de acuerdo con respecto al valor de un dato común.

Este concepto nos lleva a un particular problema, considerado un clásico del cómputo distribuido: El problema de los generales bizantinos.

EL PROBLEMA DE LOS GENERALES BIZANTINOS

Planteado originalmente por Lamport y Shostak en 1982, describe lo siguiente:

Un grupo de generales sitia una ciudad y deben ponerse de acuerdo a través de un plan de ataque, si deciden atacar o retirarse. Los generales se comunican con otros generales.

Un comandante da las órdenes, mientras los otros deben decidir si atacar o retirarse.

El no llegar a un consenso resultaría en una operación no coordinada, por lo tanto fallida y catastrófica para los bizantinos. El problema reside en el hecho de que uno de los generales puede ser un traidor, lo cual puede interpretarse de las siguientes formas:

Los mensajes pueden no llegar (las comunicaciones no son confiables).

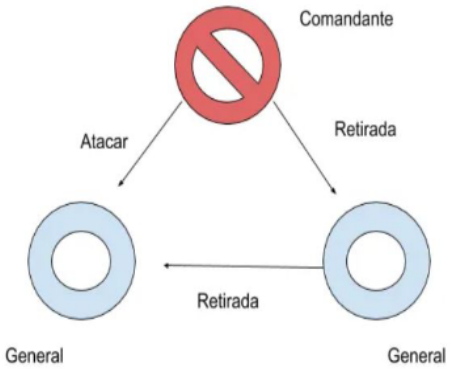
Un general traidor puede mentir (un nodo puede fallar de manera impredecible).

Entonces se plantea la pregunta, ¿Pueden los generales leales llegar a un consenso sobre si deciden atacar o retirarse? Para responder esta pregunta, podemos analizar distintos casos del problema.

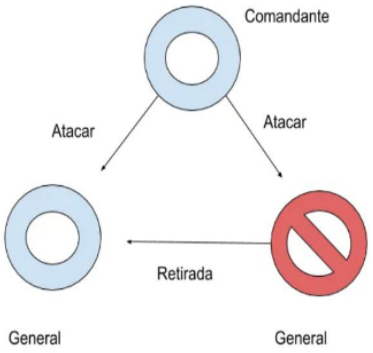
PRIMER CASO

Hay tres generales: un comandante y dos tenientes.

En el subcaso donde el comandante es el traidor, comunicará mensajes opuestos a cada uno de los tenientes. Los tenientes se comunican entre sí, con lo cual consiguen determinar únicamente que el comandante es un traidor, más no consiguen llegar a una decisión consensuada.



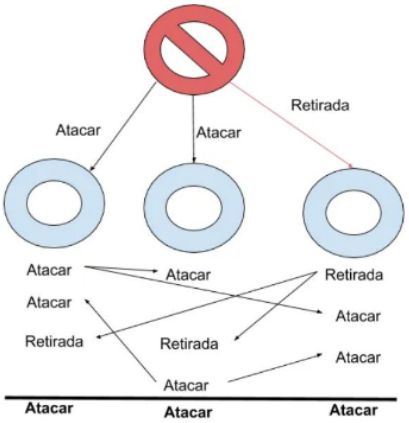
En el subcaso donde uno de los tenientes es el traidor, el comandante envía el mismo mensaje a ambos tenientes, y al momento de intercambiar la información entre ellos, el traidor cambia el mensaje recibido, ocasionando que tampoco se llegue a un consenso.



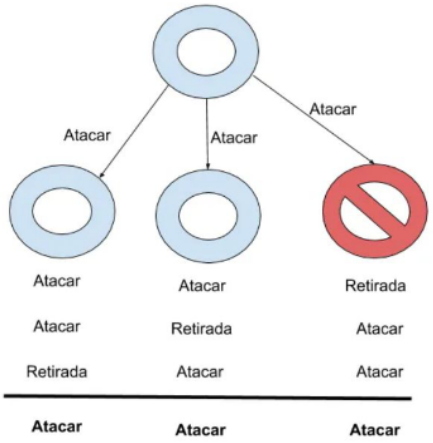
SEGUNDO CASO

Hay cuatro generales: un comandante y tres tenientes.

En el subcaso donde el comandante es el traidor, comunicará mensajes diferentes a los tenientes. Debido a que son tres tenientes y solo hay dos diferentes mensajes posibles, los tenientes intercambian información entre ellos y se forma el consenso en base al mensaje que haya recibido la mayoría.



En el subcaso donde uno de los tenientes es el traidor, se presenta un escenario parecido al subcaso anterior; el comandante envía el mismo mensaje a los tenientes, y aunque el traidor cambie el mensaje al momento de intercambiarlo con los demás, los otros dos poseen el mismo mensaje y la decisión se toma según esta mayoría.



POSIBLES SOLUCIONES

En 1982 Lamport (et al) demostraron que, en un sistema con *k* procesos defectuosos, el consenso se puede lograr sólo si están presentes *2k+1* procesos correctos, para un total de *3k+1* procesos.

Esto es, por ejemplo:

Si se tiene 1 proceso traidor, se necesita tener por lo menos 3 procesos leales para poder lograr el consenso, como se revisó en el segundo caso.

Si se tiene 1 proceso traidor, no es suficiente tener 2 procesos leales, pues no se cumple con la regla descrita, como se revisó en el primer caso.

Con 2 procesos traidores, necesitaríamos 5 procesos leales; con 3 procesos traidores necesitaríamos 7 procesos leales, y así sucesivamente.

A lo largo del tiempo, se han formulado otras aproximaciones que pretenden resolver el problema, o por lo menos, reducir al mínimo posible la posibilidad de que el sistema se vea afectado por una falta de consenso.

Una de ellas es establecer un valor por defecto. En el contexto del problema, sería como que todos los generales tengan previamente definido que deben decidir retirarse en caso de que no se haya llegado a un consenso para atacar, o que se presente algún conflicto. En los sistemas distribuidos permitiría generalizar un mensaje en caso de que haya información conflictiva.

Otra aproximación es aumentar la cantidad de mensajes entre los generales, de manera que se pueda llegar a hacer una mejor confirmación de la información recibida, o incluso poder detectar quién es el traidor; poder detectar cuál es el proceso erróneo.

CONCLUSIÓN

Los sistemas de cómputo distribuidos ofrecen una gran cantidad de ventajas en aplicaciones de sistemas informáticos contemporáneos, al ser un concepto “novedoso” (con respecto al cómputo centralizado). Sin embargo, cada que surge un nuevo paradigma y una nueva manera de entender los sistemas, vienen ligados ciertos problemas y desventajas que, en caso de no atenderse oportunamente, pueden llegar a opacar las ventajas que nos ofrecía en un principio.

Los aspectos de sincronización y consenso son los que más comúnmente pueden producir estos problemas, y por tanto obstaculizar el éxito de esta forma de manejar sistemas de cómputo.

Comprender los conflictos que estos aspectos pueden ocasionar, así como conocer y analizar las posibles soluciones aplicables, nos permiten aprovechar al máximo el potencial del cómputo distribuido en una gran variedad de aplicaciones.

REFERENCIAS

López Fuentes, F. (2015). Sistemas Distribuidos [Digital]. Universidad Autónoma Metropolitana. http://dccd.cua.uam.mx/libros/archivos/03IXStream_sistemas_distribuidos.pdf

Rodríguez, A. (2019, 17 septiembre). ¿Conoces el problema de los generales bizantinos? Aquí te lo explico. Medium. Recuperado 15 de noviembre de 2023, de https://adr-rod87.medium.com/conoces-el-problema-de-los-generales-bizantinos-aqu%C3%AD-te-lo-explico-710d9b3da72

Ezpeleta, J., & Álvarez, P. (2011, 23 agosto). Lección 12: Algoritmos de consenso. Universidad de Zaragoza. Recuperado 15 de noviembre de 2023, de https://webdiis.unizar.es/asignaturas/pscd/lib/exe/fetch.php?media=contenidos:leccion12.pdf

Imágenes, algoritmo de servidor centralizado y algoritmo de anillo de token:
Sistemas distribuidos, UAM (2015).

Imagen, algoritmo distribuido: Wikimedia.

Imágenes, diagramas de casos de problema de generales bizantinos: Medium.