



SISTEMAS DISTRIBUTIVOS

MODELO CAP Y SUS IMPLICACIONES

MODELO CAP Y SUS IMPLICACIONES

El Modelo CAP, en sistemas distribuidos, se refiere a un principio fundamental que describe las limitaciones que enfrenta un sistema distribuido al gestionar consistencia, disponibilidad y tolerancia a particiones de manera simultánea. Fue propuesto por Eric Brewer en el año 2000 y se ha convertido en un marco esencial para comprender las decisiones de diseño en sistemas distribuidos (Boronat Seguí, 2012).



¿Qué es el Modelo CAP?

El Modelo CAP establece que un sistema distribuido, puede garantizar como máximo dos de las siguientes tres propiedades, al mismo tiempo:

- **Consistencia (Consistency).** Todos los nodos ven la misma información al mismo tiempo.
- **Disponibilidad (Availability).** Cada solicitud recibe una respuesta, incluso si algunos nodos han fallado.
- **Tolerancia a particiones (Partition Tolerance).** El sistema continúa funcionando incluso si ocurre una partición en la red, que impide la comunicación entre nodos.

Debido a la naturaleza de las redes, la tolerancia a particiones es indispensable en sistemas distribuidos, por lo que las decisiones de diseño se centran en elegir entre consistencia y disponibilidad cuando ocurre una partición.

Ejemplo del Modelo CAP en la práctica

- **CP (Consistencia + Tolerancia a particiones).** El sistema garantiza la coherencia de los datos, pero puede no estar disponible temporalmente durante una partición de red.
 **Ejemplo.** HBase y MongoDB en modo de consistencia fuerte.
- **AP (Disponibilidad + Tolerancia a particiones).** El sistema siempre responderá a las solicitudes, aunque los datos puedan no estar consistentes temporalmente entre todos los nodos.
 **Ejemplo.** Cassandra y DynamoDB en configuración de consistencia eventual.
- **CA (Consistencia + Disponibilidad).** Se mantiene la consistencia y la disponibilidad siempre que no existan particiones en la red. Este escenario es teórico en sistemas distribuidos reales, puesto que las particiones de red son inevitables, pero puede aplicarse en sistemas centralizados o distribuidos con redes de alta confiabilidad.

Implicaciones del Modelo CAP

El Modelo CAP obliga a los diseñadores de sistemas distribuidos a tomar decisiones conscientes, según las necesidades de la aplicación:

- **Si la aplicación requiere integridad absoluta de datos (banca en línea)**, se prioriza la consistencia (Muñoz Escoí, 2013).
- **Si la disponibilidad es crítica (sistemas de redes sociales)**, se puede priorizar la disponibilidad con consistencia eventual.
- **Si la red es susceptible a fallos**, se diseña tolerancia a particiones como un requerimiento no negociable.



Por ejemplo, un sistema de mensajería puede aceptar mostrar mensajes con un pequeño retraso en sincronizarse para mantener la disponibilidad (AP), mientras que un sistema de reserva de vuelos necesita consistencia para evitar reservas duplicadas (CP).

Retos en la aplicación

Al implementar sistemas distribuidos bajo el Modelo CAP, surgen desafíos como:

- Diseñar mecanismos de resolución de conflictos en consistencia eventual.
- Asegurar que las respuestas en AP reflejen datos válidos sin comprometer la integridad a largo plazo.
- Implementar protocolos de consenso (Raft, Paxos) para garantizar consistencia en entornos con tolerancia a particiones.

El Modelo CAP es esencial para comprender las limitaciones de los sistemas distribuidos y ayuda a tomar decisiones de diseño informadas, según las necesidades de disponibilidad, consistencia y tolerancia a fallos de cada aplicación (Muñoz Escoí, 2013). Conocer y aplicar este modelo permite construir sistemas distribuidos eficientes y confiables, adaptados a las realidades de la comunicación en red.