

Capítulo 11: Escalabilidad

Víctor Iranzo

3 de junio de 2018

1. Introducción

Podemos hacer todo lo posible para evitar que un sistema falle, pero llego un punto en la escala, la probabilidad de fallo es inevitable. Muchas organizaciones invierten mucho esfuerzo en evitar que un fallo se produzca, pero muy poco en mecanismos para recuperar el sistema una vez se ha producido.

Los mecanismos de escalabilidad de nuestro sistema han de ser conformes a sus necesidades: tener un sistema capaz de reaccionar automáticamente al incremento de carga o a un fallo es fantástico pero exagerado para ciertos servicios. También es necesario cuantos fallos pueden tolerar o cuánto tiempo puede estar el sistema caído para nuestros usuarios. Estos requisitos se pueden definir así:

- Latencia o tiempo de respuesta: cuánto tiempo puede una operación tardar. La carga que sufre un sistema puede influir en su tiempo de respuesta.
- Disponibilidad: cuánto tiempo está disponible un servicio respecto del tiempo que se deseaba que estuviera en funcionamiento. ¿Puede estar el servicio caído o tiene que estar disponible 24/7?
- Durabilidad de los datos: cuánto tiempo se deben almacenar ciertos datos y cuánta pérdida de datos se considera aceptable.
- Resiliencia: es la capacidad de un sistema para tolerar fallos y continuar trabajando. Un sistema que por culpa de un servicio caído deja de funcionar es menos resiliente que un sistema que puede continuar ofreciendo el resto de sus funcionalidades.

Existen varios modos de fallo que se pueden dar cuando un sistema está caído. Responder de forma lenta es uno de los peores porque aumenta la latencia de todas las peticiones para responder que el servicio está caído. Esto puede producir fallos en cascada dentro de la cadena de invocaciones.

2. Gestión de fallos en el sistema

En el libro “Antifragile” se explica como una organización como Netflix basada en la infraestructura de AWS prueba la tolerancia a fallos de sus servicios incitando al fallo de estos. Para ello, emplea un conjunto de programas que componen el “ejército de simios”.

Chaos Monkey se encarga durante ciertas horas al día de apagar máquinas de forma aleatoria. Chaos Gorilla hace una función similar pero con los centros de datos. Latency Monkey simula redes de bajo rendimiento. Todos estos fallos pueden darse en producción y esta librería es una buena manera para comprobar si se está preparado para tolerarlos. Sin embargo, ¿cómo podemos gestionarlos una vez se producen?

2.1. Timeouts

Una manera de detectar los fallos es con una cuenta atrás. Esperar demasiado tiempo puede ralentizar al sistema entero. Esperar poco tiempo puede suponer considerar como fallidas tareas exitosas que han tardado más de lo normal. Una buena táctica para establecerlos es poner el mismo valor por defecto a todas las llamadas del sistema y ajustar los timeouts en función de los registros que obtengamos.

2.2. Cortocircuitos

Esta técnica se aplica cuando un servicio está caído o pasa un límite fijado por devolver timeouts o errores. Cuando esto ocurre, se dejan de mandar peticiones al servicio para que este devuelva un fallo rápido y no ralentice al resto del sistema. De esta forma, después de un período de tiempo podemos comprobar automáticamente si el servicio se ha recuperado y volverle a redirigir tráfico.

Como en el caso anterior, podemos establecer un cortocircuito con una condición por defecto y ajustarla según los casos específicos. Mientras la conexión está cerrada, las peticiones recibidas se pueden encolar para aten-

darlas más tarde. Existen diferentes librerías que implementan esto, como son la librería de Polly para .NET y la librería de Netflix Hystrix para Java.

Los cortocircuitos también se pueden emplear para tareas de mantenimiento programadas: cuando se tiene que modificar un servicio, se puede cortar la conexión de este y restablecerla una vez realizado el mantenimiento.

2.3. Bulkhead

Son una aproximación para aislar al sistema de un fallo en uno de sus componentes. Si tenemos una conexión distinta para cada servicio con el que interaccionemos, el que una de las conexiones vaya despacio no afectará al resto.

La separación en microservicios facilita el uso de bulkheads. A diferencia de los timeouts y los cortocircuitos que se emplean para actuar cuando un fallo se detecta, los bulkheads se pueden emplear para evitar que el fallo ocurra. Hystrix, por ejemplo, permite rechazar peticiones bajo ciertas condiciones para evitar que un servicio se sature, lo que se llama load shedding. Esto puede ser una buena medida para no convertir un servicio en un cuello de botella y evitar su fallo.

2.4. Aislamiento

Cuanto más dependa un servicio de otro para funcionar, más impacta la “salud” de uno sobre el otro. Esto se percibe sobretodo en las llamadas síncronas: un servicio puede tardar en responder no porque él no esté funcionando correctamente sino porque otro a quién ha invocado no contesta, produciendo un fallo en cascada.

3. Idempotencia

Si una operación se idempotente, podemos repetirla más de una vez sin un impacto adverso. Este tipo de operaciones es útil cuando no estamos seguros de si una operación se ha realizado y reenviamos la misma petición. En situaciones en las que tenemos varias instancias de un mismo servicio suscritas a los mismos eventos, aunque dos instancias procesen la misma petición no se producirá ningún error.

El sistema entero no tiene porque ser idempotente, solo las funcionalidades de negocio que se deseen. Algunos verbos HTTP como el GET o el PUT están definidos en su especificación como idempotentes. Si estos verbos no son idempotentes y los clientes piensan que sí, pueden surgir problemas a la hora de consumir el servicio.

4. Técnicas de escalabilidad

Generalmente un sistema se escala para lidiar con posibles fallos o mejorar su rendimiento. Vamos a ver diferentes técnicas para este propósito.

Rediseñar un sistema para que sea escalable no debe considerarse un fallo sino un éxito. En las fases iniciales de un proyecto no tiene sentido invertir demasiado tiempo en hacer el sistema escalable porque puedes estar invirtiendo esfuerzo para soportar una carga de trabajo que posiblemente igual no se dé nunca.

La mejor manera de hacer un sistema resiliente es no situar todos los servicios en una misma infraestructura, ya sea una máquina física, red, etc. Algunos proveedores de infraestructura ofrecen facilidades para este propósito. Con esto se consigue que no haya un único punto de fallo.

4.1. Escalabilidad vertical

Consiste en aumentar las capacidades de la máquina donde se ejecuta parte del sistema, como mejorar su RAM o CPU. Esta aproximación puede resultar cara: un servidor grande puede costar más que dos pequeños que juntos sumen las mismas capacidades. Además, muchas veces el software no está preparado para beneficiarse de estas mejoras.

Aunque puede ser una manera sencilla para mejorar el rendimiento, problemas como la resiliencia no se solucionan ya que si solo hay un servidor hay un único punto de fallo del sistema.

4.2. Dividir la carga de trabajo de un servicio

Si un servicio ofrece funcionalidades con diferente nivel de uso o criticidad, el servicio se puede dividir en otros más pequeños. De esta forma, se puede crear un servicio con la funcionalidad más crítica que se escale para aumentar su resiliencia y de forma diferente al otro menos crítico.

4.3. Balanceadores de carga

Una forma de aumentar la resiliencia de un servicio es evitar que este sea el único punto de fallo. Esto se puede conseguir teniendo varias instancias del mismo a las que se accede a través de un balanceador de carga. Un balanceador de carga se basa en un algoritmo para distribuir las llamadas que recibe entre las diferentes instancias de un servicio y además elimina instancias cuando no están accesibles y las vuelve a añadir cuando se recuperan. El balanceador de carga es transparente a los consumidores de un servicio.

Los balanceadores de carga pueden implementarse a nivel del hardware o el software. Los primeros son más difíciles de automatizar mientras que los segundos son más flexibles (`mod_proxy`).

4.4. Sistema basado en trabajadores

Emplear un balanceador de carga no es la única manera de tener diferentes instancias de un servicio. Un aproximación basada en trabajadores consiste en tener diferentes instancias que trabajan sobre un mismo backlog de peticiones. El número de trabajadores se puede adaptar a la demanda de cada momento (*peaky load*).

Los trabajadores en sí no necesitan ser resilientes: aunque un trabajador falle mientras atiende una petición, esta se terminará atendiendo por otra instancia más tarde. Una herramienta para implementar este tipo de sistemas es Zookeeper.

5. Escalabilidad en bases de datos

Aunque se haya aumentado la resiliencia del servicio ejecutando varias instancias de este en diferentes máquinas, todas ellas siguen accediendo a una misma infraestructura: la base de datos. La base de datos sigue siendo un único punto de fallo y puede convertirse en un cuello de botella. Además, si una misma base de datos contiene esquemas de diferentes servicios, su fallo puede ser catastrófico.

En esta sección veremos diferentes soluciones para escalar la base de datos según su tipo. Sin embargo, la solución más empleada suele ser aumentar las capacidades de la máquina donde se hospeda la base de datos, aunque esto puede emplearse hasta cierto límite.

5.1. Escalabilidad en la lectura

En bases de datos relacionales, los datos pueden ser copiados del nodo principal a varias replicas para distribuir las lecturas. Así, la escritura debe hacerse en el nodo principal pero la lectura se puede hacer en cualquier nodo.

Las modificaciones que se hagan en el nodo principal se propagan a las replicas en algún momento posterior a cada escritura. Esto significa que algunos datos que se leen en una replica pueden ser inconsistentes porque el modelo de consistencia es eventual.

Esta aproximación se emplea comúnmente y es fácil de emplear, pero pueden obtenerse beneficios similares a través de memorias cachés.

5.2. Escalabilidad en la escritura

La escalabilidad en la escritura es mucho más compleja. Una aproximación para llevarla a cabo es el sharding, donde se tiene la base de datos distribuida en diferentes nodos. Cuando se realiza una operación, a los datos (para su lectura o modificación) se les aplica una función hash y según el resultado obtenido se manda la consulta a un nodo u otro.

La complejidad del sharding proviene de consultas que requieren datos de múltiples nodos porque requiere consultar cada uno de los shards y juntar los resultados en memoria o tener un nodo con todos los datos de los shards para la lectura. Algunas herramientas suelen emplear cachés para las consultas que involucran a más de un shard.

Entre las herramientas existentes se pueden mencionar Mongo y Cassandra. Entre las funcionalidades de Cassandra encontramos por ejemplo que permite añadir nuevos shards en tiempo de ejecución y recolocar los contenidos del resto una vez hecho esto y que ayuda a mejorar la resiliencia mediante la replicación de un mismo dato en más de un nodo.

5.3. CQRS

La segregación de responsabilidades de consultas y comandos (CQRS) consiste en separar el sistema de base de datos en dos partes: uno que atienda los comandos para modificarla y otro para atender las consultas. Así, cada una puede escalar de forma diferente.

Estas dos partes pueden hospedarse en servicios diferentes, aunque es-

to choca con servicios que ofrecen operaciones CRUD sobre una entidad. Además, la base de datos de lectura debe sincronizarse con los cambios que se hacen sobre la base de datos de escritura, lo que significa que puede dar datos obsoletos.

6. Caching

El uso de una caché consiste en almacenar el resultado de una operación para poder emplearlo en una petición posterior en lugar de gastar tiempo recalculando la misma operación.

Otros posibles usos de una caché son los siguientes: en la escritura, para mejorar el rendimiento de tal forma que el cambio se añade a un buffer que más adelante será escrito, o para mejorar la resiliencia, ya en algunos sistemas si un servicio está caído podemos servirnos de datos almacenados en la caché (aunque estos puedan estar obsoletos) en lugar de devolver un fallo.

6.1. Tipos de caching

- Caching en la parte cliente: el cliente es quien almacena los datos cacheados. Con la ayuda del servidor decide durante cuánto tiempo son válidos los datos y cuándo debe solicitarlos de nuevo. Con esta aproximación se pueden reducir drásticamente las llamadas a través de la red. Sin embargo, la invalidación de los datos es compleja porque se debe trasladar a todos los clientes.
- Caching en el proxy: con esta aproximación se sitúa un proxy entre el cliente y el servidor que almacena los datos. Esta aproximación es opaca al cliente y al servidor y se puede emplear para cachear los resultados de más de un servicio a la vez. Los datos que se pueden almacenar son los del tráfico HTTP que redirige un proxy inverso a través de herramientas como Squid o Varnish.
- Caching en la parte servidora: el servidor es quien gestiona este sistema a través de cachés en memoria o herramientas como Redis, Memcache. Si la caché está dentro de los límites del servicio puede ser más fácil razonar sobre ella. Para el cliente la caché es transparente.

Según nuestras necesidades de carga o con que frecuencia se modifican los datos elegiremos una aproximación u otra, pudiendo emplearse diferentes en el conjunto del sistema. Hay que tener en cuenta que cuantas más cachés

haya entre la fuente de datos y el cliente, más probabilidad hay de que los datos estén obsoletos y más difícil será determinar si estos son todavía válidos.

6.2. Caching en el protocolo HTTP

El protocolo HTTP es ampliamente usado y existen un gran número de herramientas que gestionan de esta forma la caché de datos como son Squid o Varnish. En las cabeceras HTTP se pueden especificar directivas como `cache-control` para cachear respuestas durante un período de tiempo especificado en el valor de la clave `Expires`.

Otra aproximación es emplear etiquetas (ETags) para determinar si un recurso ha cambiado. Mediante el verbo GET se puede solicitar un recurso de tal forma que el servidor solo nos enviará este si se cumple cierta condición. Si hemos obtenido un recurso con un ETag y su tiempo de vida (TTL) ha expirado, podemos enviar al servidor una petición en forma de un GET condicional con la cláusula `If-None-Match` y la etiqueta del recurso. El servidor nos podrá responder de 2 posibles formas: con un “304 Not modified” indicando que el recurso que tenemos cacheado no ha sido modificado o con un “200 OK” que contenga la última versión del recurso y su nuevo ETag.

6.3. Fallos en la caché

Si se producen un gran número de fallos en la caché, las peticiones a la fuente de datos aumentarán drásticamente ralentizando el sistema entero.

Una manera de solucionar esto es haciendo que las llamadas entre la caché y la fuente de datos se hagan de forma asíncrona. De esta forma, cuando se produzca un fallo en la caché se devolverá un fallo al cliente inmediatamente y una invocación al origen de los datos, que eventualmente actualizará la caché. Obviamente, esta aproximación no tiene sentido para muchas situaciones.

7. Autoescalado

El escalado automático de los servicios es sencillo si se tienen implementados mecanismos para la provisión de hosts virtuales. También se debe

gestionar la eliminación de instancias que apenas reciben peticiones. El escalado puede estar conducido de dos formas distintas:

- Escalado reactivo: en esta aproximación aumentamos el número de hosts en función de tendencias bien conocidas, como puede ser un período de facturación, la hora del día con más visitas a la web...
- Escalado predictivo: se aumentan el número de hosts cuando se observa un aumento en las peticiones de un servicio o cuando una de sus instancias falla. Esta aproximación es más difícil porque la carga puede aumentar en pocos minutos, pero el aprovisionamiento de una nueva instancia puede tardar al menos 10 minutos. Es aconsejable tener una suite de tests de carga para probar las reglas de autoescalado. Las reglas para gestionar los fallos de una instancia son mucho más usadas que las de carga de trabajo. Como consejo, tener más instancias de las necesarias es mucho mejor que no tener las suficientes, por lo que las reglas han de ser capaces de reaccionar rápidamente.

8. El teorema de CAP

En los sistemas distribuidos existen 3 características sobre las que se debe hacer balance: la consistencia, que establece que vamos a obtener la misma respuesta de nodos diferentes, la disponibilidad, que significa que toda petición recibirá una respuesta, y la tolerancia a particiones, que es la habilidad de gestionar situaciones en las que la comunicación entre las partes de un sistema se interrumpe.

Pongamos un ejemplo en el que una base de datos está replicada y se produce un fallo por el cual la comunicación entre ambas se interrumpe y los cambios en una no se pueden propagar a la otra. En una situación como esta, el teorema de CAP establece que solo podemos mantener 2 de las 3 características que hemos mencionado antes.

El caso más trivial es el de renunciar a la tolerancia de particiones: si no existe, el sistema no puede ejecutarse sobre una red y el sistema deja de ser distribuido. El sacrificio de las otras dos características da lugar a los llamados sistemas AP y CP.

8.1. Sistemas AP

Son los sistemas que surgen fruto de sacrificar la consistencia cuando un fallo se produce. Se permite realizar cambios en ambas bases de datos, con

lo que se mantiene la disponibilidad como característica, pero como estas no se sincronizan podemos estar obteniendo datos obsoletos al hacer una consulta.

En algún momento cuando la conexión se restablezca los cambios se sincronizarán, hecho que será más difícil cuanto mayor sea el período sin conexión. La consistencia es eventual, como ocurre en la propagación de los cambios de una base de datos a otra por no poder ser inmediata.

8.2. Sistemas CP

Para mantener la consistencia entre las bases de datos cuando no existe comunicación entre ellas se tiene que rechazar cualquier petición, con lo que dejan de estar disponibles. La única manera de saber que la información de una base de datos es consistente es preguntado al resto de nodos. La lectura por tanto se debe hacer de forma transaccional mediante bloqueos para evitar que mientras se está leyendo un dato este pueda estar siendo modificado al mismo tiempo en otro nodo.

El uso de bloqueos es difícil de gestionar en sistemas distribuidos: si se interrumpe la comunicación, un nodo puede quedar bloqueado permanentemente a la espera de ser desbloqueado. Por este motivo, no debemos tratar de implementar este tipo de sistemas, sino que podemos aprovecharnos de herramientas como Consul.

8.3. Balance entre sistemas AP y sistemas CP

Los sistemas AP escalan más fácilmente y son más sencillos de construir. Los segundos son los únicos que nos aseguran la consistencia de los datos, pero son más difíciles de construir. A la hora de hacer balance entre una solución u otra, debemos preguntarnos cuánto tiempo puede en nuestro servicio estar un dato obsoleto. El sistema no necesita hacerse completamente de una u otra manera.

9. Descubrimiento de servicios

Es imprescindible en un sistema basado en microservicios conocer donde se están ejecutando cada uno de ellos. Estas capacidades se encuentran dentro del llamado descubrimiento de servicios, que se divide en dos partes: el registro de un servicio y el acceso a los servicios registrados. El descu-

brimiento de servicios se vuelve más complicado en un entorno en el que constantemente se despliegan y destruyen instancias de un servicio.

9.1. DNS

DNS es un estándar muy conocido y extendido con un gran número de tecnologías que le dan soporte. Una manera de establecer donde se encuentra cada servicio es mediante una entrada por servicio que apunte a un balanceador de carga que a su vez apunte a las diferentes instancias de ese servicio desplegadas. En caso de que solo haya una instancia del servicio, la entrada del servicio puede referir directamente al host donde se ejecuta.

Por último, hay que tener en cuenta que las entradas DNS tienen un tiempo de vida y es peligro la cantidad de sitios donde pueden ser cacheadas ya que pueden quedar obsoletas.

9.2. Herramientas para el descubrimiento de servicios

Entre las desventajas del sistema de DNSs es que no se adapta a un entorno que cambia frecuentemente como es el de los microservicios. Como soluciones alternativas están las siguientes, que en su mayoría se basan en contar con un servicio central donde el resto se registran:

- Zookeeper: se emplea para un gran número de casos de uso como la gestión de la configuración, la sincronización de datos entre servicios o como un servicio para registrar a otros. Ofrece un espacio de nombres jerárquico para almacenar información y al que nos podemos suscribir para estar alerta de cuando un nodo se modifica. Este espacio de nombres se puede emplear como estructura para almacenar la localización de cada servicio.
- Consul: entre sus funcionalidades está que expone una interfaz HTTP para el descubrimiento de servicios y que ofrece un servidor DNS para almacenar el IP y el puerto de un servicio indexado por su nombre.
- Eureka: es una librería de código abierto de Netflix. Al emplearlo son los clientes quienes deben lidiar con el descubrimiento de servicios directamente, sin necesidad de un proceso o servicio aparte. Como consecuencia, la tecnología empleada tiene que soportar JVM.

Para concluir, cualquier herramienta elegida debería permitir construir

un panel para que los humanos puedan monitorizar los diferentes servicios desplegados.

10. Documentación de servicios

Sabemos dónde se encuentra cada servicio, pero también necesitamos saber que funcionalidades ofrece cada uno. Esto se puede conseguir mediante la documentación a través de herramientas como las siguientes:

- Swagger: describe la API de un servicio a través de una interfaz web con la que se puede interactuar. Los métodos que pertenecen a la API pueden ser anotados dentro del código para que se genere la documentación automáticamente.
- Hypertext Application Language (HAL): es un estándar que describe los controles hipermedia que hemos expuesto. El navegador HAL ofrece la posibilidad de explorar la API y ejecutar llamada a través de un servicio mediante el navegador web.

11. Descripción de un servicio

El estándar Universal Description, Discovery and Integration (UDDI) surgió en las fases iniciales de las arquitecturas basadas en servicios. Esta aproximación para el registro de un servicio es muy pesada y se pueden realizar aproximaciones más ligeras a través de una simple wiki.

La información que necesitamos conocer de cada servicio es su estado, la localización de sus instancias o su relación con otros servicios. Mantener esta información accesible y de forma visual es clave para luchar contra la complejidad que supone la escalabilidad del sistema.