

Tarea 11 - Cómputo distribuido

Dalia Camacho, Gabriela Vargas

1 Describir lo visto en clase

En esta clase hablamos sobre el concepto del tiempo, sobre ¿qué es?, ¿cómo se mide?, las distintas percepciones que tenemos sobre el tiempo y si es posible viajar en el tiempo.

Para hablar sobre el tiempo consideramos cómo se vive el tiempo en el cine. Las películas tienen cierta duración, sin embargo podemos percibir que transcurren días, meses o incluso años. En el cine el tiempo no necesariamente es lineal, puede ser circular, cíclico inverso, puede haber *flashbacks* o *fastforwards* y el observador comprende la no linealidad del tiempo. Además el tiempo puede contraerse o dilatarse. Recursos tales como la música ayudan a ambientar las escenas y a entablar un diálogo con el observador para que este perciba continuidad.

Hay fundamentos físicos del tiempo, dentro de estos se puede discutir sobre la diferencia entre el tiempo y el espacio, sobre la uniformidad del tiempo y sobre los relojes o la medición del tiempo.

El tiempo y el espacio no son comparables entre sí, el espacio puede medirse de forma clara y objetiva, es posible comparar el tamaño de dos objetos, se pueden traer en un mismo tiempo a un lugar y compararlos. Sin embargo la duración de dos eventos en lugares distantes no puede compararse, ya que a pesar de tener relojes no se puede saber con exactitud si ambos relojes están perfectamente sincronizados al momento de medir los eventos. Además los eventos no pueden repetirse para poder compararlos entre sí.

Seguido de esto surge el problema de la uniformidad del tiempo ¿cómo podemos saber si dos intervalos de tiempo son iguales? El tiempo es un concepto poco claro, sin embargo podemos medirlo gracias a convenciones que han sido creadas, por lo que es posible medirlo. Esto se puede hacer contando procesos periódicos naturales como la rotación de la tierra o de los electrones en un átomo o midiendo distancias o ángulos.

Los relojes de sol funcionaban en términos de ángulos del sol y de la sombra que se formaba sobre el reloj. Actualmente el tiempo se mide en términos

del número de vueltas que da el último electrón de cesio-133. El tiempo no se puede medir directamente, por lo tanto si la rotación del último electrón fuera alentándose sería imposible notarlo por sí sólo y sin una comparación externa. Los relojes han evolucionado desde el péndulo, el resorte, referencias astronómicas hasta relojes atómicos. Con estos últimos se pierde un segundo cada 1,400,000 años. Siendo así el tiempo la unidad de medida más exacta. A partir de esto se dio cambio de las demás unidades de medida en términos del segundo.

El tiempo universal coordinado (UTC) se obtiene promediando 70 relojes de cesio y otros relojes de alta precisión en condiciones controladas dentro del Observatorio Naval de EUA.

Nuevamente regresamos al tema de simultaneidad de ocurrencia entre dos eventos, para acercarnos a la relatividad del tiempo. Notemos primero que dos eventos distantes sólo pueden ser comparados en términos de tiempo si la relación entre uno y otro es causal. Consideremos ahora el ejemplo de medir el tiempo que tarda la luz en llegar a un espejo. Si tengo un único reloj puedo saber el tiempo exacto en que envié la luz al espejo y el tiempo exacto en que ésta regresa al punto inicial. Para medir el tiempo exacto en que llega al espejo alguien podría medirlo con otro reloj, pero no hay forma de saber que esté perfectamente sincronizado a mi reloj. Como nada viaja más rápido que la luz no puedo transportarme para medir de forma exacta el momento en que llega la luz. Por lo tanto se hace la suposición de que la velocidad de la luz es constante y toma el mismo tiempo llegar al espejo y regresar.

Un ejemplo donde la relatividad ocurre es reflejar la luz del centro de un avión en movimiento hacia los extremos de éste, visto desde dentro la luz llega al mismo tiempo a ambos extremos, sin embargo visto desde fuera en un lugar estático la luz llega primero a la parte trasera del avión y después a la delantera.

Por otro lado el cerebro humano puede saltarse pasos, hacer interpolación entre eventos y predecir lo que va a ocurrir milésimas de segundo antes de que ocurra.

Los eventos que ocurren de forma causal no pueden cambiar de orden ni regresar por lo que no hay cadenas causales cerradas, pero sí pueden ocurrir algunos loops sin que se viole la causalidad. Esto se explica de forma más extensa en la pregunta 3.

Referente a la causalidad el tiempo no es simplemente lineal, si no que también es concurrente, ya que ocurren muchos eventos de forma simultánea. Finalmente presentaron sobre *Google's Spanner, the global database*. Esta base de datos administrada por Google en millones de máquinas en múltiples centros de datos promete ser consistente disponible y no ser propensa a particiones. En el campo teórico esto es imposible ya que se estaría violando el CAP theorem. Sin embargo la comunicación es tan buena que pareciera que no cumple el CAP theorem. En casos en que se llegue a dar un problema se da preferencia a la

consistencia sobre a la disponibilidad.

La forma en que Google está logrando romper el CAP es mediante un algoritmo de Paxos en el que se elige un líder, se hacen protocolos de two phase commit y two phase locking y a cada dato nuevo se le asigna una marca de tiempo. Como las transacciones toman tiempo se busca encontrar el *true time* un tiempo con error cero, esto se logra a través de GPS y relojes atómicos. Finalmente hay problemas manteniendo el tiempo, ya que la rotación de la tierra tiende a alentarse, entonces así como existe el año bisiesto, existe un *leap second*, es decir se agrega un segundo al reloj. Aunque para los humanos un segundo no es tan relevante, para los sistemas distribuidos sí lo es. En 2012, cuando se agregó un segundo al reloj los servidores de *Amazon Cloud* se cayeron durante seis horas. Para evitar estas fallas en vez de agregar el segundo se opta por alentar los relojes poco antes hasta poco después del cambio.

2 Pregunta 2

Una ejecución de un sistema distribuido con procesos $\{p_1, \dots, p_n\}$ que se comunican enviando mensajes, se puede formalizar como una gráfica acíclica dirigida, G , donde cada vértice representa un evento, (p_i, ev) . La primera componente es el proceso p_i donde ocurre el evento, y $ev = send(M)$ or $receive(M)$ o local. Los eventos de tipo local representan computo local en el proceso. La subgráfica de G que consiste de los eventos asociados a cada proceso p_i es un camino dirigido, $e_1 \rightarrow e_2 \rightarrow \dots \rightarrow e_m$ que representa el orden en el cual los eventos ocurren en el proceso p_i . Finalmente, los arcos de G , son de la forma $(p_i, send(M)) \rightarrow (p_j, receive(M))$, indicando que representan la transmisión de un mensaje, o $(p_i, ev) \rightarrow (p_i, ev')$, que representan dos eventos consecutivos en el mismo proceso.

2.1

Presenta un algoritmo para acomodar los vértices de G en línea recta de tal forma que la dirección de los arcos siempre apunte hacia adelante.

Supongamos que cada vértice (p_i, ev) tiene asociados dos estados del proceso p_i , el estado s en el que está p_i inmediatamente antes y el estado s' en el que está inmediatamente después del vértice.

Ordenar los eventos en una sola línea es equivalente a ordenar los eventos bajo un orden total.[1] Para definir el orden total primero definimos la lógica de relojes. Sea C_i el reloj para el proceso p_i y sea C un reloj global. Donde $C_i(a)$ indica el tiempo en que ocurrió a para el proceso i y $C(b) = C_j(b)$ si b es un evento del proceso p_j .

Si $a \rightarrow b$ entonces $C(a) < C(b)$. Para que esto se cumpla consideramos lo siguiente si a y b son eventos del proceso p_i entonces $C_i(a) < C_i(b)$, si el evento a se refiere al envío de un mensaje del proceso p_i al p_j y b es la recepción de

este mensaje entonces $C_i(a) < C_i(b)$. Para cumplir con esto se debe hacer lo siguiente:

- Cada proceso p_i incrementa C_i entre dos eventos consecutivos.
- Cada que un proceso p_i envía un mensaje m se le asocia una marca de tiempo T_m , una vez que el proceso p_j recibe el mensaje entonces C_j se establece de tal forma que $C_j > m$ y es mayor o igual al valor de C_j cuando se recibió el mensaje.

Con esto se logra tener un reloj que ordena eventos causales, para ordenar eventos que ocurren de forma simultánea $C_i(a) = C_j(b)$ el desempate se da por el ordenamiento de los procesos. Es decir si $C_i(a) = C_j(b)$ y $p_i < p_j$ entonces $C(a) < C(b)$.

2.2

Presenta un algoritmo para encontrar una partición de los vértices de G en dos conjuntos (S, T) , tales que todos los arcos entre S y T están dirigidos de S a T .

Para encontrar una partición de G en (S, T) tal que todos los arcos entre S y T estén dirigidos de S a T primero se ordenan los eventos en G con algún algoritmo de orden total, se selecciona un tiempo de corte t_{cut} y S consiste en todos los eventos previos al tiempo t_{cut} y T a todos los eventos ocurridos durante o después de t_{cut} .

3 Viajar en el tiempo no se excluye – siempre y cuando no se viole causalidad

Para discutir si es posible viajar en el tiempo primero debemos definir el concepto de causalidad, el cual indica que si tenemos dos eventos $(E1, E2)$, y $E2$ es el efecto de $E1$, entonces diremos que $E2$ ocurre después que $E1$. Lo anterior se denota con la relación: $E1 \rightarrow E2$. Esta relación no es asimétrica, ya que cambios en $E1$ pueden afectar a $E2$, pero jamás de forma inversa.

Con estas definiciones podemos establecer cadenas de causalidad tal que si tenemos $E1 \rightarrow E2$ y $E2 \rightarrow E3$, entonces podemos decir que $E1 \rightarrow E3$. La única manera en que pudieran ocurrir contradicciones es si para un observador $E1 \rightarrow E2$ y para otro $E2 \rightarrow E1$. A nivel gráfico esto provocaría una cadena causal cerrada y sería una contradicción.

Siguiendo esta lógica, viajar en el tiempo sería posible siempre y cuando no se viole causalidad, es decir, siempre y cuando se respeten las relaciones de los eventos $Ei \rightarrow Ej$ en las cadenas de causalidad.

Consideremos un caso en el que la persona X se encuentra con la persona Y que le dice que X es su "yo" más joven. Para probar esto, Y le puede dar a X información completa sobre su estado actual, sus planes y su futuro. X piensa que Y está loco y se va. Años después, X se encuentra con su "yo" más joven y le cuenta exactamente lo que Y le dijo. Esta persona no le cree y se va.

Situaciones como esta se pueden considerar siempre y cuando el orden de los eventos causales no se altere. La sucesión de eventos en la historia anterior se puede ilustrar de la siguiente manera:



Figure 1: Cadena causal

En esta cadena observamos que el orden causal entre la primera flecha y la tercera flecha no se modifica. Solo se añade una segunda flecha que provoca un ciclo que al final termina desembocando en la tercera flecha.

4 Resúmenes de lecturas

4.1 Imagine a World With One Universal Time Zone

En enero de 2014, Tarun Gogoi, el ministro del estado de Assam en la India propuso que Assam y otros estados de la región noreste de India estuvieran una hora u hora y media más adelante que el resto de India.

Una razón para proponer esto es que en invierno la gente sale de trabajar una vez que ha oscurecido. Geográficamente India abarca tres zonas horarias, sin embargo sólo se tiene una zona horaria. La existencia de un solo horario hace contraste con la amplia diversidad del país, por lo que de cierta forma este horario único es una fuerza centralizante.

El autor a continuación ejemplifica como las zonas horarias no necesariamente están ligadas a la zona geográfica o bien un mismo estado puede tener múltiples zonas horarias.

A partir de esto propone el cuestionamiento de por qué no tener una sola zona horaria en todo el mundo. Las ventajas serían que en todo el mundo la hora sería la misma, por lo que se evitarían confusiones entre personas que viven en lugares distintos. Al viajar de un lugar a otro el horario sería el mismo y no sería necesario cambiar el reloj. Por otro lado los relojes se coordinan ya con el UTC solamente se añaden o quitan horas a este reloj, por lo tanto no sería complicado que se tuviera el mismo horario alrededor del mundo.

Sin embargo esto podría alterar la forma en que uno se expresa sobre su vida diaria, el cenit por ejemplo está asociado al medio día, sin embargo este podría ocurrir a las 9 en algunos lugares. El horario de trabajo no sería consistente entre los distintos países.

El autor hace referencia también al nacimiento de las zonas horarias, éstas tenían como objetivo poder tener horarios consistentes en cuanto a la salida y llegada de los trenes y a la vez se mantenían cercanos a los horarios locales a los que la

gente estaba acostumbrada.

Finalmente concluye que aunque tener un solo horario alrededor del mundo pueda tener ciertos beneficios, no necesariamente será aceptado de forma adecuada y la transición podría ser muy complicada. Incluso cambios pequeños no son necesariamente aceptados, hasta el día de hoy India sigue teniendo una única zona horaria.

4.2 4 cuentos del libro de Einsteins Dreams de Alan Lightman (fácil encontrarlo en internet)

4.2.1 24 de abril 1905

Este cuento nos dice que el tiempo se puede medir de dos maneras. La primera es rígida y se hace a través de relojes, péndulos e instrumentos. Y la otra forma de medir el tiempo es con el tiempo del cuerpo.

Dependiendo de como uno mide el tiempo es la forma en que uno interactúa con su entorno. Si mide el tiempo con el cuerpo, entonces uno se levanta cuando el cuerpo lo indique y come cuando se tenga hambre. En cambio si uno lo mide a partir de relojes entonces se levanta al sonar la alarma y come hasta la hora de la comida. Unos escuchan lo que el cuerpo pide y lo que el alma desea, y otros siguen el tiempo de una forma rígida y ordenan al cuerpo según el reloj.

Ambos tiempos existen y cada persona se guía por alguno de estos dos modelos de tiempo, y personas que miden el tiempo de forma distinta pueden coexistir. Sin embargo una misma persona no puede vivir los dos tiempos de forma simultánea.

4.2.2 26 de abril 1905

Este cuento habla de un mundo en que la mayoría de la gente sólo vive en montañas o en las alturas, por que se dice que el tiempo pasa más rápido cerca del centro de la Tierra. Por lo tanto en zonas bajas la gente envejece más rápido y muere más rápido. La gente está tan obsesionada por alargar su vida que evitan pasar tiempo en planicies y si deben bajar todo lo hacen de prisa.

Son pocos los que disfrutan el tiempo en las zonas bajas sin importar que este corra más rápido. Son estas personas quienes en verdad logran disfrutar el tiempo que están vivos, los demás sólo huyen a la vida por vivir más tiempo. Lo peor del caso es que el vivir en zonas elevadas no es bueno para el ser humano, lo que al final termina por reducir su tiempo de vida.

Este cuento nos hace ver que por huir de la muerte nos perdemos de la vida y que el tiempo no es lo único valioso si no lo que hacemos con éste.

4.3 11 de mayo 1905

Este cuento habla de un mundo en que no existe la entropía, al contrario, todo tiende hacia el orden. Dicen que el pasar del tiempo sólo puede distinguirse si se

tiende al orden. El polvo se junta en vez de dispersarse, los olores se mantienen, las bolsas se ordenan solas, por lo que la gente no tiene que preocuparse por mantener el orden. Es por esto que para demostrar de cierta forma que están vivos y celebrar el paso del tiempo durante la primavera ensucian, rompen cosas, hacen lo posible para generar desorden. Al final de la temporada dejan de realizar estas acciones y todo vuelve a ordenarse.

Esto contrasta con el mundo tal como lo conocemos en que se tiende a la homogeneidad, donde las partículas se difunden sin orden alguno, en que todo tiende al desorden y que en ciertos momentos intentamos preservar el orden, pero al final todo se desordena.

4.4 20 de mayo 1905

Se habla de un mundo en el que la gente no tiene memoria. Todo siempre es nuevo, la ciudad, la gente, las sensaciones. Para saber de sus propias vidas cada uno tiene un diario en el que escriben sobre lo que han hecho cada día. Todas las mañanas leen el diario para recordarse quienes son. Sus acciones van enfocadas al presente, por que el futuro es incierto y el pasado no lo recuerdan. No tienen conversaciones sobre lo que fue o lo que será por que esto no tiene sentido si no tienen memoria. Por lo tanto viven al día, viven el momento y aprecian todo ya que siempre tienen la sensación de estar viviendo algo por primera vez.

Dice que aquellas personas mayores con libros de vida más largos de lo que pueden leer optan por leer el principio o el final o incluso no lo leen por que lo que pasó ya no importa y han aprendido a vivir.

References

- [1] Leslie Lamport. Time, clocks, and the ordering of events in a distributed system. *Communications of the ACM*, 21(7):558–565, 1978.