

Tiempo, Estado y Relojes

30221 - Sistemas Distribuidos

Rafael Tolosana Calasanz

Dpto. Informática e Ing. de Sistemas

Lectura Recomendada

- G. Colouris, J. Dollimore, T. Kindberg and G. Blair. Distributed systems: Concepts and Design. 5th Edition. Addison-Wesley. May, 2011. ISBN: 978-0132143011.

Chapter 14

- Raynal, M. (2013). Distributed Algorithms for Message-Passing Systems: **Chapters 6, 10, 14**
- Tanenbaum Van Steen, Distributed Systems: Principles and Paradigms, 2e, (c) 2007 Prentice-Hall. **Chapter 6**

Motivación

Motivación

Concepto de Reloj Lógico

- Eventos: internos, envío, recepción
- Reloj lógico: fecha (entero)
- Asociación evento - fecha y reglas de incremento
- Generamos una relación de orden parcial
- **Al comparar fechas, no hay certeza de si los eventos están relacionados**

¿Hay alternativa?

Relojes Vectoriales

Relojes Vectoriales

Definición: Los relojes lógicos vectoriales son un mecanismo que permite asociar fechas a eventos de manera que la comparación entre las fechas permite determinar si los eventos están casualmente relacionados o no.

- También generan una relación de **orden parcial**

Relojes Vectoriales

Definición: Sean e_1, e_2 dos eventos en un SD, y $date(e_1)$, $date(e_2)$ sus respectivas fechas asociadas. Se cumplen las siguientes propiedades:

- $\forall e_1, e_2: e_1 \xrightarrow{ev} e_2 \iff date(e_1) < date(e_2)$
- $\forall e_1, e_2: e_1 \parallel e_2 \iff date(e_1) \parallel date(e_2)$
 - eventos concurrentes, *fechas no comparables*

Relojes Vectoriales

Definición: Para implementar un reloj vectorial, cada proceso P_i gestiona un vector de enteros no negativos vc_i , inicializados a $[0..0]$. Este vector cumple lo siguiente:

- $vc_i[i]$ cuenta el número de eventos *producidos* por P_i
- $vc_i[j]$, $i \neq j$, cuenta el número de eventos *producidos y conocidos* por P_j

Relojes Vectoriales

Reglas de Incremento de Relojes Vectoriales

when producing an internal event e do

- (1) $vc_i[i] \leftarrow vc_i[i] + 1$;
- (2) Produce event e . % The date of e is $vc_i[1..n]$.

when sending $MSG(m)$ to p_j do

- (3) $vc_i[i] \leftarrow vc_i[i] + 1$; % $vc_i[1..n]$ is the sending date of the message.
- (4) send $MSG(m, vc_i[1..n])$ to p_j .

when $MSG(m, vc)$ is received from p_j do

- (5) $vc_i[i] \leftarrow vc_i[i] + 1$;
- (6) $vc_i[1..n] \leftarrow \max(vc_i[1..n], vc[1..n])$. % $vc_i[1..n]$ is the date of the receive event. ¹

¹Raynal, M. (2013) Distributed Algorithms for Message-Passing Systems

Relojes Vectoriales

Definición: Dados dos vectores vc_1 y vc_2 , se define relación de orden \leq sobre un conjunto de relojes vectoriales como:

$$vc_1 \leq vc_2 \stackrel{def}{=} \forall k \in 1..n, vc_1[k] \leq vc_2[k]$$

Relojes Vectoriales

Definición: Dados dos vectores vc_1 y vc_2 , se define relación de orden \leq sobre un conjunto de relojes vectoriales como:

$$vc_1 \leq vc_2 \stackrel{def}{=} \forall k \in 1..n, vc_1[k] \leq vc_2[k]$$

Definición: Dados dos vectores vc_1 y vc_2 , se define relación de orden $<$ sobre un conjunto de relojes vectoriales como:

$$vc_1 < vc_2 \stackrel{def}{=} (vc_1 \leq vc_2) \wedge (vc_1 \neq vc_2)$$

Relojes Vectoriales

Definición: Dados dos vectores vc_1 y vc_2 , se define relación de orden \leq sobre un conjunto de relojes vectoriales como:

$$vc_1 \leq vc_2 \stackrel{def}{=} \forall k \in 1..n, vc_1[k] \leq vc_2[k]$$

Definición: Dados dos vectores vc_1 y vc_2 , se define relación de orden $<$ sobre un conjunto de relojes vectoriales como:

$$vc_1 < vc_2 \stackrel{def}{=} (vc_1 \leq vc_2) \wedge (vc_1 \neq vc_2)$$

Definición: Dados dos vectores vc_1 y vc_2 , se dice que son concurrentes si y solo si:

$$vc_1 \parallel vc_2 \stackrel{def}{=} \neg(vc_1 \leq vc_2) \wedge \neg(vc_2 \leq vc_1)$$

Relojes Vectoriales

Propiedad 1: Sean e_1 y e_2 dos eventos en un SD, entonces se cumple:

$$e_1 \xrightarrow{ev} e_2 \iff date(e_1) < date(e_2)$$

Relojes Vectoriales

Propiedad 1: Sean e_1 y e_2 dos eventos en un SD, entonces se cumple:

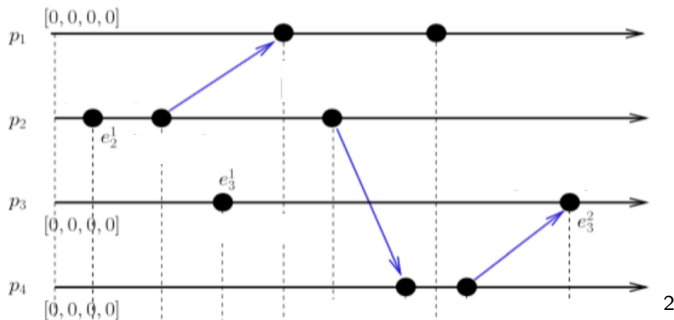
$$e_1 \xrightarrow{ev} e_2 \iff date(e_1) < date(e_2)$$

Propiedad 2: Sean e_1 y e_2 dos eventos en un SD, entonces se cumple:

$$e_1 \parallel e_2 \iff date(e_1) \parallel date(e_2)$$

Relojes Vectoriales

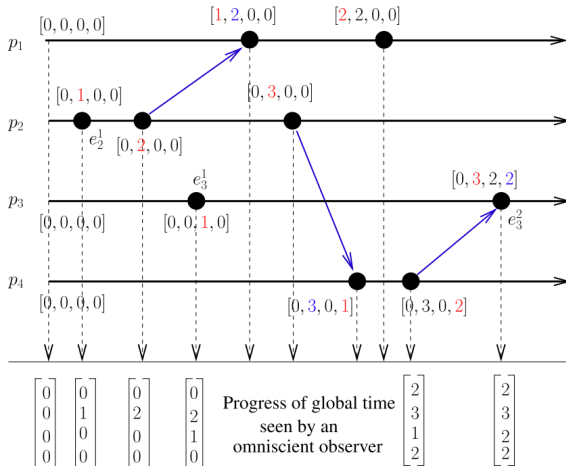
Ejemplo



²Raynal, M. (2013) Distributed Algorithms for Message-Passing Systems

Relojes Vectoriales

Ejemplo



3

³Raynal, M. (2013) Distributed Algorithms for Message-Passing Systems

Relojes Vectoriales

Características

- Proporcionan una relación de orden parcial, pero si dos fechas dadas $date(e_1)$ y $date(e_2)$ con $date(e_1) < date(e_2)$ entonces $e_1 \Rightarrow e_2$
- Si dos procesos no interactúan directamente, sus relojes pueden sincronizarse a través de terceros.
- Hay que intercambiar más información (vector) que en el caso de los escalares (entero): *Puede llegar a ser un problema.*

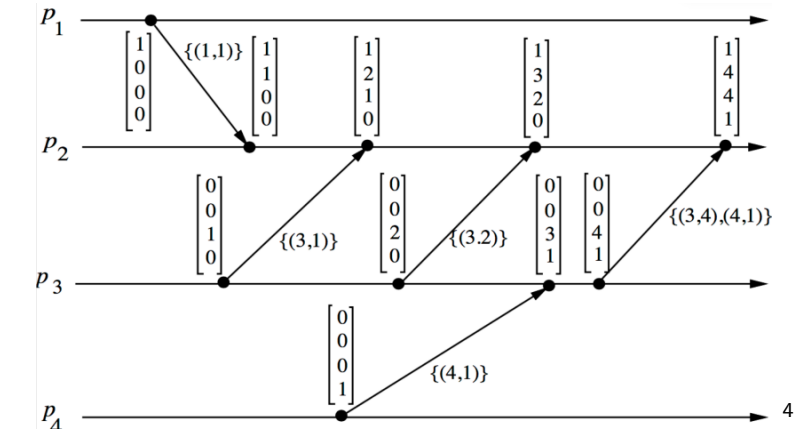
Relojes Vectoriales

Transmisión: técnica de Singhal Kshemkalyani

- **Idea:** Cuando el proceso P_i envía un mensaje a P_j , no le envía todo el vector completo
- Cuando P_i interactúa con P_j , P_i solo envía a P_j los cambios que han ocurrido *desde el último mensaje* de P_i a P_j

Relojes Vectoriales

Transmisión: técnica de Singhal Kshemkalyani



⁴Raynal, M. (2013) Distributed Algorithms for Message-Passing Systems

Relojes Vectoriales

Ejercicio I

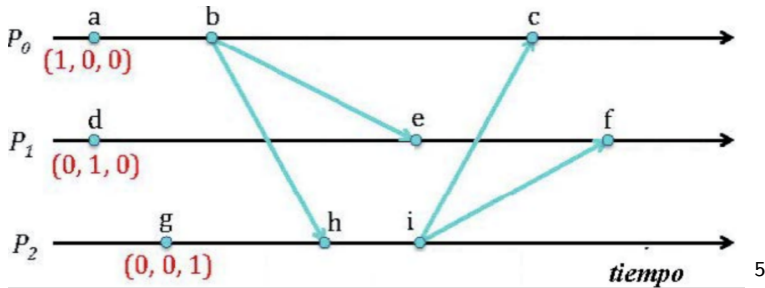
- Determine cuáles de las siguientes afirmaciones son ciertas y cuáles son falsas. Escriba una breve justificación de su respuesta.
 - 1 Dos eventos en un sistema de procesos nunca pueden tener asignadas estampillas temporales escalares idénticas.
 - 2 Dos eventos en un sistema de procesos nunca pueden tener asignadas estampillas temporales vectoriales idénticas.

Relojes Vectoriales

Ejercicio II

- Dado el siguiente diagrama temporal correspondiente a tres procesos P_0 , P_1 y P_2 donde se muestran los eventos relevantes para la aplicación distribuida a construir: a, b, c, d, e, f, g, h, i; se pide,
 - 1 Asignar las estampillas temporales vectoriales a los 6 eventos: b, c, e, f, h, i;
 - 2 Determinar los eventos que son concurrentes con el evento e y justificar la respuesta.

Ejercicio II



⁵Raynal, M. (2013) Distributed Algorithms for Message-Passing Systems

Resumen

Resumen

Concepto de Reloj Vectorial

- Eventos: internos, envío, recepción
- Reloj lógico: fecha (entero)
- Asociación evento - fecha y reglas de incremento
- Generamos una relación de orden parcial
- **Si las fechas son comparables, los eventos están relacionados**
- La transmisión de los vectores puede ser ineficiente
- **Podemos convertirla en una relación de orden total**

Tiempo, Estado y Relojes

30221 - Sistemas Distribuidos

Rafael Tolosana Calasanz

Dpto. Informática e Ing. de Sistemas