

Sincronización de Relojes Físicos

Ejemplo de Gráficas de Sincronización

Sergio Rajsbaum Manuel Sugawara

Universidad Nacional Autónoma de México

abril del 2006

Sincronización de Relojes Físicos

Sistema parcialmente síncrono

Un sistema se dice *parcialmente síncrono* si y sólo si

- Es un sistema de paso de mensajes con relojes en los procesadores
- Los procesadores tienen relojes acotados en su desvío
- Los mensajes están acotados en su retardo

Sincronización de Relojes Físicos

Relojes acotados

El reloj de un procesador v se dice acotado en su desvío sys existen $(\underline{\rho}, \bar{\rho})$ con $\underline{\rho} \leq 1 \leq \bar{\rho}$ tal que si e^{T_0} y e^{T_1} son eventos consecutivos en v , para toda ejecución se cumple que:

$$\frac{T_1 - T_0}{\underline{\rho}} \leq rt(e^{T_1}) - rt(e^{T_0}) \leq \frac{T_1 - T_0}{\bar{\rho}}$$

Los mensajes de un sistema se dicen acotados *sys* para todo mensaje m con e el evento de su envío y e' el evento de su recepción existen $L(m)$ y $H(m)$ con $L(m) < H(m)$ tal que para toda ejecución se cumple que:

$$L(m) \leq rt(e') - rt(e) \leq H(m)$$

Sincronización de Relojes Físicos

Punto

Dada una ejecución r y un real $t \geq 0$ el punto de r hasta t es la restricción de la ejecución r hasta el tiempo real t y se denota por (r, t)

- Si cualquiera de
 - 1 e y e' son eventos consecutivos en un mismo procesador y
 - 2 e es el envío de un mensaje y e' es su recepción

decimos que e y e' son *adyacentes*

- Dado un punto (r, t) la *vista* del punto es una gráfica dirigida $\mathcal{V}(r, t) = (V, E)$ tal que
 $V = \{e \mid e \text{ es un evento con } rt(e) \leq t\}$ y $(e, e') \in E$ si y sólo si e y e' son adyacentes

Sincronización de Relojes Físicos

Garantías de Sistema

- Una garantía de sistema es una función $B : \mathcal{E} \times \mathcal{E} \rightarrow \mathbb{R}$ tal que $(e, e') \in \text{dom}(B)$ si y solo si e y e' son adyacentes.
- Una ejecución r se dice consistente con B si y solo si $rt(e) - B(e, e') \leq rt(e')$ para todo par de eventos e, e' adyacentes en r

Una garantía de sistema se dice estándar *sysS*:

- 1 Si $e = e^T$ y $e' = e^{T'}$ son eventos consecutivos en un procesador con un $(\underline{\varrho}, \bar{\varrho})$ -reloj entonces

$$B(e, e') = -\left(\frac{T' - T}{\underline{\varrho}}\right) \text{ y } B(e', e) = -\left(\frac{T' - T}{\underline{\varrho}}\right)$$

- 2 Si e es el envío de un mensaje m y e' su recepción entonces $B(e, e') = -L(m)$ y $B(e', e) = H(m)$

Sincronización de Relojes Físicos

Gráfica de Sincronización

Dada una garantía de sistema B , un punto (r, t) y su vista $\mathcal{V}(r, t) = (V, E)$, su *gráfica de sincronización* $\Gamma(r, t) = (V', E', w)$ es una gráfica con pesos tal que:

- $V' = V$
- $(e, e') \in E'$ si y sólo si $(e, e') \in E$ o $(e', e) \in E$
- $w(e, e') = B(e, e')$

Sincronización de Relojes Físicos

Gráfica de Sincronización

Lema Sea (r, t) un punto y $\Gamma(r, t)$ su gráfica de sincronización. Para toda pareja de eventos e, e' si existe un camino dirigido de peso α de e a e' se cumple que $rt(e) - \alpha \leq rt(e')$

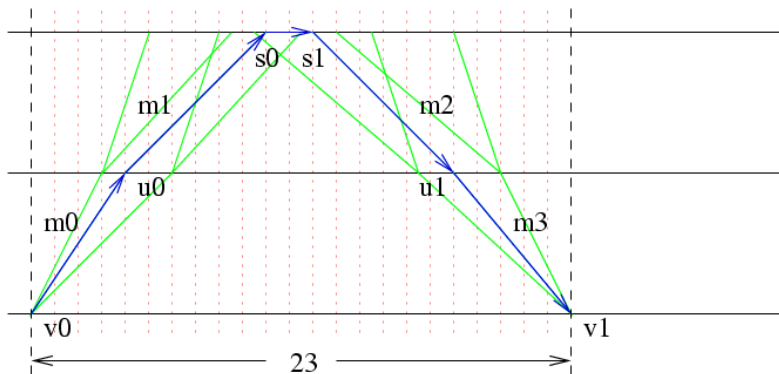
Sincronización de Relojes Físicos

Gráfica de Sincronización

Lema Sea (r, t) un punto y $\Gamma(r, t)$ su gráfica de sincronización.
La gráfica de sincronización no contiene ciclos de peso negativo

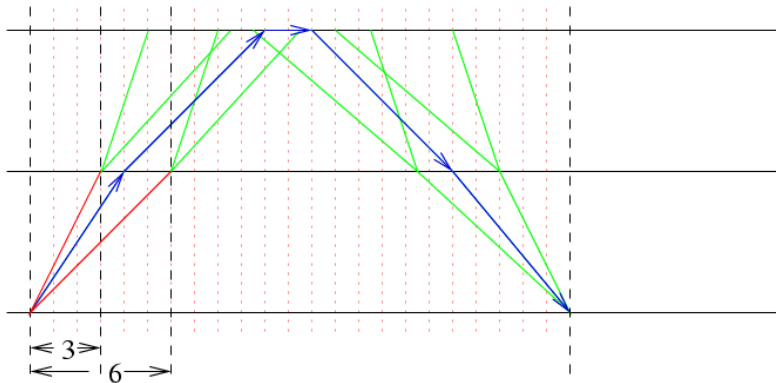
Sincronización de Relojes Físicos

Ejecución de Ejemplo



Sincronización de Relojes Físicos

Ejecución de Ejemplo

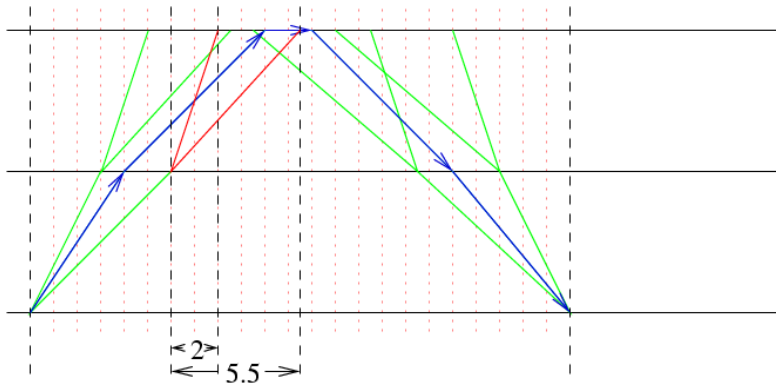


$$L(m0) = 3 \quad y \quad H(m0) = 6$$

$$L(m1) = 2 \quad y \quad H(m1) = 5,5$$

Sincronización de Relojes Físicos

Ejecución de Ejemplo

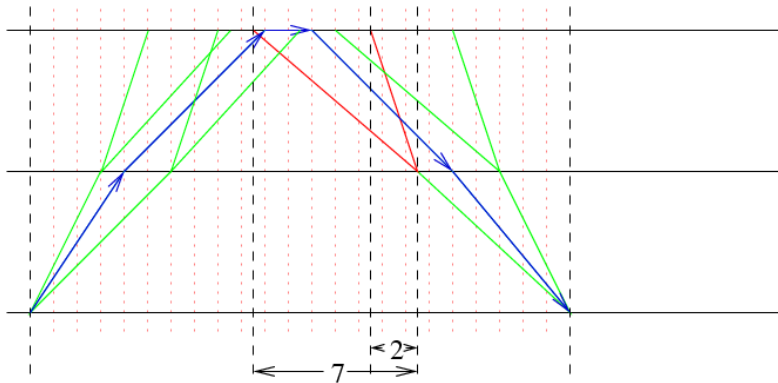


$$L(m0) = 3 \quad y \quad H(m0) = 6$$

$$L(m1) = 2 \quad y \quad H(m1) = 5,5$$

Sincronización de Relojes Físicos

Ejecución de Ejemplo

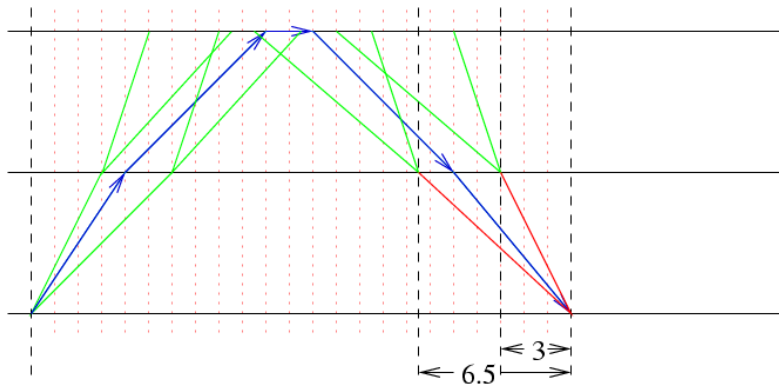


$$L(m_2) = 2 \quad y \quad H(m_2) = 7$$

$$L(m_3) = 3 \quad y \quad H(m_3) = 6,5$$

Sincronización de Relojes Físicos

Ejecución de Ejemplo

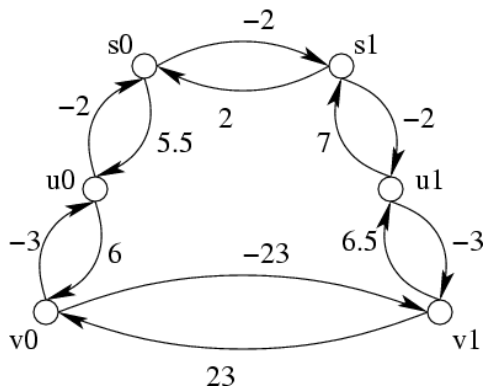


$$L(m_2) = 2 \quad y \quad H(m_2) = 7$$

$$L(m_3) = 3 \quad y \quad H(m_3) = 6,5$$

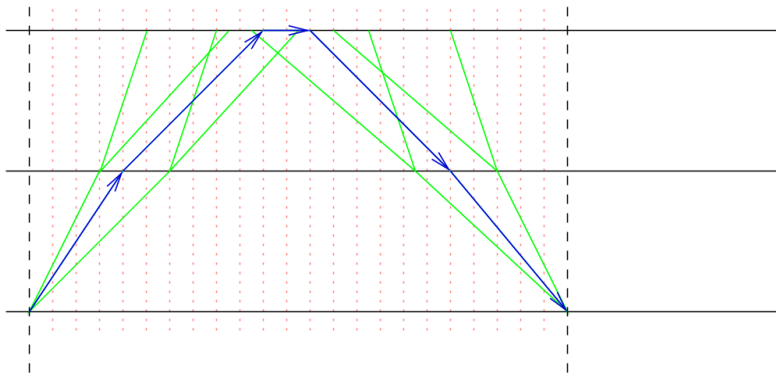
Sincronización de Relojes Físicos

Ejecución de Ejemplo



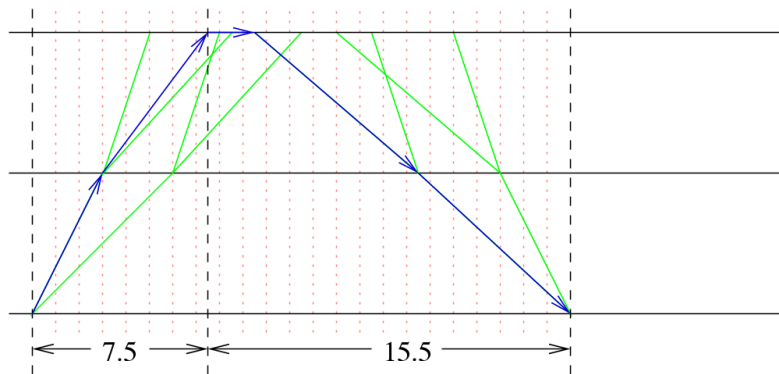
Sincronización de Relojes Físicos

Ejecución de Ejemplo



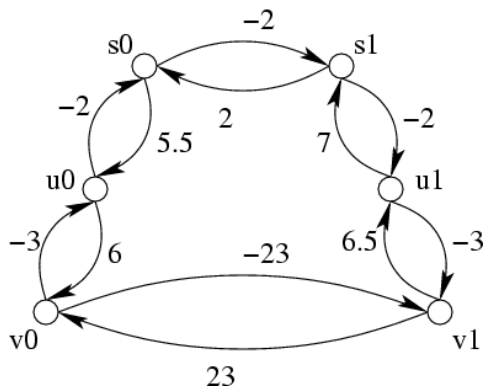
Sincronización de Relojes Físicos

Ejecución de Ejemplo



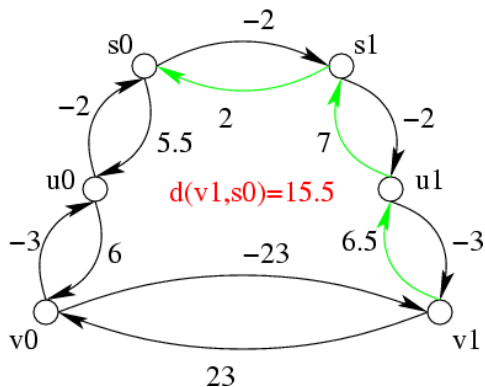
Sincronización de Relojes Físicos

Ejecución de Ejemplo



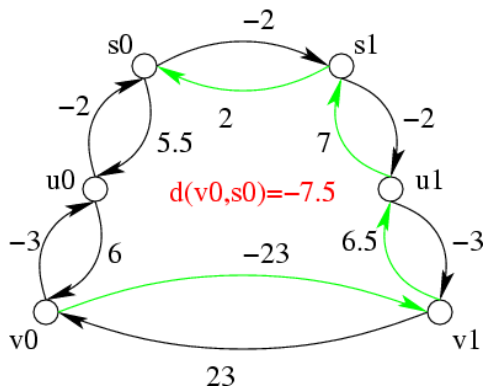
Sincronización de Relojes Físicos

Ejecución de Ejemplo



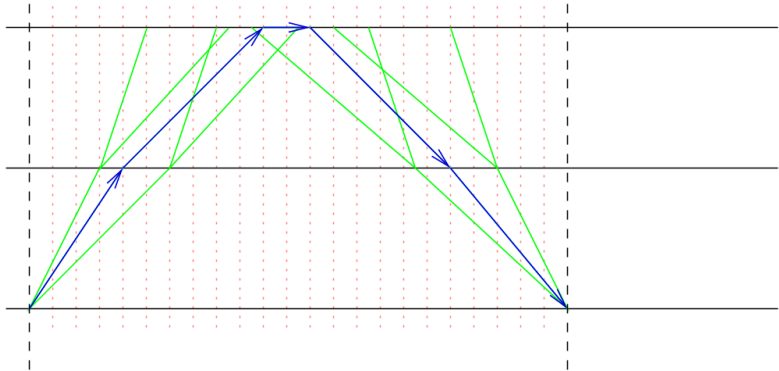
Sincronización de Relojes Físicos

Ejecución de Ejemplo



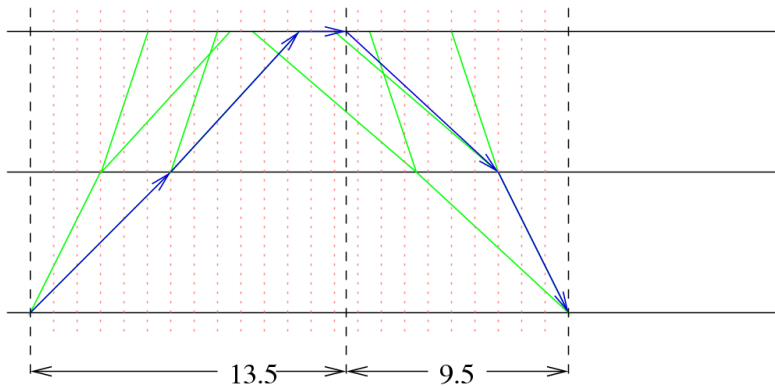
Sincronización de Relojes Físicos

Ejecución de Ejemplo



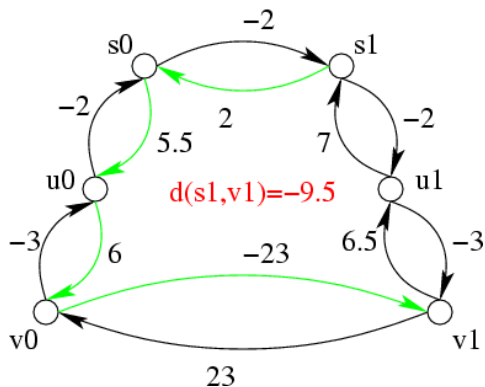
Sincronización de Relojes Físicos

Ejecución de Ejemplo



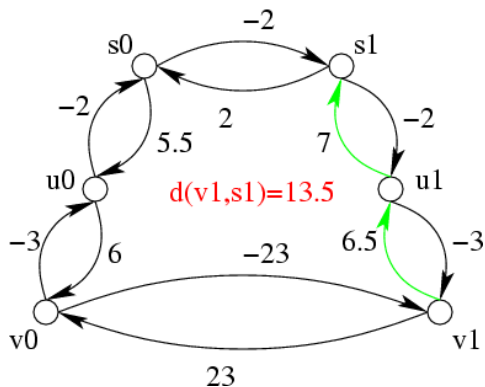
Sincronización de Relojes Físicos

Ejecución de Ejemplo



Sincronización de Relojes Físicos

Ejecución de Ejemplo



Teorema Una ejecución r es consistente con una garantía de sistema B si y sólo si para todo $t \in \mathbb{R}^+$ y para toda pareja de eventos e, e' en (r, t) se cumple que

$$rt(e) - d_{\Gamma(r,t)}(e, e') \leq rt(e')$$

Teorema Sea r una ejecución consistente con una garantía de sistema B , $t \in \mathbb{R}^+$ y e, e' dos eventos en el punto (r, t) con $d_{\Gamma(r,t)}(e, e') = \alpha$ y $d_{\Gamma(r,t)}(e', e) = \beta$. Existen ejecuciones r_0, r_1 consistentes con B y reales $t_0, t_1 \in \mathbb{R}^+$ con $e, e' \in (r_0, t_0)$ y $e, e' \in (r_1, t_1)$ tal que

$$rt_{r_0}(e) - \alpha = rt_{r_0}(e')$$

$$rt_{r_1}(e') - \beta = rt_{r_1}(e)$$