

1.

11/2/97

ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΡΟΛΟΓΙΩΝ

- n διεργασίες τοποθετημένες στις κορυφές ενός πλήρους δικτύου
- κάθε διεργασία έχει ένα ρολόι το οποίο τρέχει με το ρυθμό του πραγματικού χρόνου

$$C(t_2) - C(t_1) = t_2 - t_1$$

- η καθυστέρηση πάνω σε κάθε άκμή του δικτύου ανήκει στο διάστημα $[d-u, d]$
το u καλείται η αβεβαιότητα της καθυστέρησης μηνυμάτων
- δεν υπάρχουν "αποτυχίες" στις διεργασίες
- τα ρολόγια δεν είναι συγχρονισμένα

2

11/2/97

Πόσο καλά και πώς μπορούν να
συγχρονιστούν τα ρολόγια ;

- Τα (φυσικά) ρολόγια δεν μπορούν να τροποποιηθούν από τις διεργασίες.
- Οι διεργασίες μπορούν όμως να υπολογίσουν διορθώσεις για τα ρολόγια τους, οι οποίες θα δημιουργήσουν λογικά ρολόγια.
- Οι διορθώσεις είναι προθετικές.

3

11/2/97

Αλγόριθμος συγχρονισμού

- Μόλις κάθε διεργασία P "ζυπνήσει", στέλνει ένα μήνυμα με την τοπική της ώρα σε κάθε άλλη διεργασία και περιμένει να "ακούσει" από κάθε άλλη διεργασία (δηλ., να λάβει ένα αντίστοιχο μήνυμα).
- Μόλις η P λάβει το αντίστοιχο μήνυμα από την Q , η P κάνει μια εκτίμηση του χρόνου που "διαβάζει" η Q στο ρολόι της εκείνη τη στιγμή προσθέτοντας την "έκτιμηση"

$$\delta = d - u + \frac{u}{2} = d - \frac{u}{2}$$

για την καθυστέρηση του μηνύματος.

- Στή συνέχεια, ή P χρησιμοποιεί τήν
 εκτίμηση αὐτή γιά νά υπολογίσει
 μία εκτίμηση τῆς διαφορᾶς τῆς ὥρος
 πού "βλέπουν" ή P καί ή Q .
- Όταν ή P ἔχει "ἀκούσει" ἀπό ὄρες
 τίς ὑπόλοιπες διεργασίες (καί ἀπό
 τόν ἑαυτό της), ή P θέτει τή
 "διορθωτική σταθερά" τῆς ἴσῃ μέ τή
 μέση τιμή τῶν εκτιμήσεων τῶν
 διαφορῶν πού ἔχει υπολογίσει.

5

11/2/97

Ψευδοκώδικας για τη διεργασία p .

- στείλε $(TQPA)$ σε κάθε $q \neq p$
- όταν λάβεις (QPA) από τη διεργασία q κάνε

$$\text{ΔΙΑΦΟΡΑ} := (QPA + \delta) - TQPA$$

$$\text{ΑΘΡΟΙΣΜΑ} := \text{ΑΘΡΟΙΣΜΑ} + \text{ΔΙΑΦΟΡΑ}$$

$$\text{ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ} := \text{ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ} + 1$$

- $\text{ΔΙΟΡΘΩΣΗ} := \text{ΔΙΟΡΘΩΣΗ} + \frac{\text{ΑΘΡΟΙΣΜΑ}}{n}$

6

11/2/97

Ανάλυση τῆς ἀκρίβειας πού πετυχαίνει
ὁ ἀλγόριθμος συγχρονισμοῦ:

Συμβολισμός:

$$\Delta_{pq} = C_p - C_q$$

ἡ πραγματική διαφορά τῶν φυσικῶν
ρολογιῶν τῶν p καί q

D_{pq} - ἡ ἐκτίμηση τῆς διαφορᾶς τῶν
φυσικῶν ρολογιῶν τῶν p καί q ,

ἀπό τῆ q

ὁ πραγματικός χρόνος
στὸν ὁποῖο ἡ q

$$D_{pq} = C_p(t) + \delta - C_q(t')$$

↙

ὁ πραγματικός χρόνος

στὸν ὁποῖο ἡ p στέλνει
τὴν "ῥα" τῆς

↖ λαμβάνει τὴν
"ῥα" τῆς p

7

11/2/97

Πρόταση 1

$$|D_{pq} - \Delta_{pq}| \leq \frac{u}{2}$$

Απόδειξη:

$$\begin{aligned} |D_{pq} - \Delta_{pq}| &= |C_p(t) + \delta - C_q(t') - \Delta_{pq}| \\ &= |C_q(t) + \Delta_{pq} + \delta - C_q(t') - \Delta_{pq}| \\ &= |C_q(t) - C_q(t') + \delta| \\ &= |\delta - (C_q(t') - C_q(t))| \\ &= |\delta - (t' - t)| \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d - u &\leq t' - t \leq d \\ \parallel & \parallel \\ d - \frac{u}{2} - \frac{u}{2} &= \delta - \frac{u}{2} & d - \frac{u}{2} + \frac{u}{2} &= \delta + \frac{u}{2} \end{aligned}$$

8

11/2/97

$$\delta - \frac{u}{2} \leq t' - t \leq \delta + \frac{u}{2}$$



$$\delta - (\delta + \frac{u}{2}) \leq \delta - (t' - t) \leq \delta - (\delta - \frac{u}{2})$$

$$-\frac{u}{2} \leq \delta - (t' - t) \leq \frac{u}{2}$$

$$|\delta - (t' - t)| \leq \frac{u}{2}$$



$$|D_{p_2} - \Delta_{p_2}| \leq \frac{u}{2}$$



9

11/2/97

Πρόταση 2

$$\alpha. \quad | (D_{pq} - D_{pr}) - \Delta_{rq} | \leq u$$

$$\beta. \quad | (D_{pp} - D_{pr}) - \Delta_{rp} | \leq \frac{u}{2}$$

$$\gamma. \quad | (D_{pq} - D_{pp}) - \Delta_{pq} | \leq \frac{u}{2}$$

Απόδειξη:

$$\alpha. \quad | (D_{pq} - D_{pr}) - \Delta_{rq} |$$

$$= | (D_{pq} - D_{pr}) - (\Delta_{pq} - \Delta_{pr}) |$$

$$= | (D_{pq} - \Delta_{pq}) - (D_{pr} - \Delta_{pr}) |$$

$$\leq | D_{pq} - \Delta_{pq} | + | D_{pr} - \Delta_{pr} |$$

$$\leq \frac{u}{2} + \frac{u}{2}$$

$$= u$$

10

11/2/97

$$\beta. \quad | (D_{pp} - D_{pr}) - \Delta_{rp} |$$

$$= | (D_{pp} - D_{pr}) - (\Delta_{pp} - \Delta_{pr}) |$$

$$= | (D_{pp} - \Delta_{pp}) | + | D_{pr} - \Delta_{pr} |$$

$$= 0 + | D_{pr} - \Delta_{pr} |$$

$$\leq \frac{\epsilon}{2}$$

γ. ᾿Αφήνεται στον ἀναγνώστη.

(11)

11/2/97

Θεώρημα

$$|L_p(t) - L_q(t)| \leq u \left(1 - \frac{1}{n}\right)$$

Απόδειξη:

$$|L_p(t) - L_q(t)|$$

$$= \left| (C_p(t) + \text{CORR}_p) - (C_q(t) + \text{CORR}_q) \right|$$

$$= \left| \Delta_{pq} - (\text{CORR}_q - \text{CORR}_p) \right|$$

$$= \left| \Delta_{pq} - \left(\frac{1}{n} \sum_{r \in P} D_{rq} - \frac{1}{n} \sum_{r \in P} D_{rp} \right) \right|$$

$$= \frac{1}{n} \left| n \Delta_{pq} - \sum_{r \in P} (D_{rq} - D_{rp}) \right|$$

$$= \frac{1}{n} \left| \sum_{r \in P} (\Delta_{pq} - (D_{rq} - D_{rp})) \right|$$