

ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΙΙ

Κάποιες γενικές πληροφορίες συνοπτικά ...

Σχετικά με το μάθημα: Ύλη

- ο Έννοιες Επεξεργασίας Δοσοληψιών
- ο Έλεγχος Συνδρομικότητας
- ο Ανάκαμψη από Σφάλματα
- ο Αρχιτεκτονικές (Κατανεμημένες & Παράλληλες Βάσεις Δεδομένων, Συστήματα Ομότιμων Κόμβων)
- ο Εξόρυξη Δεδομένων
- ο Βάσεις Δεδομένων και Διαδίκτυο

Σχετικά με το μάθημα: Αξιολόγηση

2 (μικρά) Σύνολα Ασκήσεων (με πιθανών 1-2 απλές προγραμματιστικές ερωτήσεις) σε ομάδες των 2 ατόμων - προαιρετικά (με την έννοια ότι δεν απαιτείται ελάχιστος βαθμός)

30% του βαθμού

1 Εργασία σε «νέα θέματα» προαιρετική μετράει αθροιστικά + 1 ή 2 μονάδες

Τελική Εξέταση (με κλειστά βιβλία)

Σχετικά με το μάθημα: Αξιολόγηση

Τελικός Βαθμός = MIN {10,
(15% * Βαθμός 1ου Σύνολο
+ 15% * Βαθμός 2ου Σύνολο
+ 70% * Βαθμός Τελικού Διαγωνίσματος
+ 15(?)% * Εργασία)
}

Σχετικά με το μάθημα:FAQ

1. Μπορώ να πάρω το μάθημα χωρίς να έχω παρακολουθήσει τις Βάσεις Ι

ΟΧΙ

2. Μπορώ να πάρω το μάθημα αν δεν έχω περάσει τις Βάσεις Ι

ΝΑΙ

3. Πόσος είναι ο όγκος δουλειάς (εργασίες) σε σχέση με τις Βάσεις Ι

Λιγότερος! (ας πούμε το 1/3-1/4)

Επεξεργασία Δοσοληψιών

Το Πρόβλημα

- ο Η ταυτόχρονη εκτέλεση προγραμμάτων χρηστών είναι απαραίτητη για την καλή απόδοση ενός ΣΔΒΔ
 - ο Επειδή οι προσπελάσεις στο δίσκο είναι συχνές και σχετικά αργές, είναι σημαντικό να κρατείται η cpu απασχολημένη με πολλά προγράμματα χρηστών
- ⇒ Πολυχρηστικά (multi-user) ΣΔΒΔ

Διαπλεγμένο μοντέλο ταυτόχρονης εκτέλεσης



Το Πρόβλημα

- Η «διαπλοκή» γίνεται από το ΣΔΒΔ και πρέπει να είναι «αδιαφανής» στο χρήστη.
- Ο χρήστης πρέπει να πιστεύει ότι είναι ο *μόνος* που χρησιμοποιεί το σύστημα
- Τα πράγματα γίνονται πιο δύσκολα όταν υπάρχουν *αποτυχίες*

Διαπλεγμένο μοντέλο ταυτόχρονης εκτέλεσης



Δοσοληψίες

Δοσοληψία (transaction)

εκτέλεση ενός προγράμματος που προσπελαίνει ή τροποποιεί το περιεχόμενο της βάσης δεδομένων

το πώς βλέπει το ΣΔΒΔ τα προγράμματα των χρηστών

Δοσοληψίες

Δοσοληψία (transaction)

Ένα πρόγραμμα χρήστη μπορεί να εκτελεί πολλές λειτουργίες στα δεδομένα που ανακτά από τη ΒΔ, αλλά το ΣΔΒΔ ενδιαφέρεται μόνο για τα δεδομένα που *διαβάζονται/γράφονται* στη ΒΔ - 2 Πράξεις

- Ανάγνωση(X) - R(X)
- Εγγραφή(X) - W(X)

Συνδρομικότητα σε ΣΔΒΔ (ορισμοί)

- Οι χρήστες υποβάλουν δοσοληψίες και πρέπει να μπορούν να θεωρούν ότι κάθε δοσοληψία *εκτελείται μόνη της* (Ιδιότητα της Απομόνωσης - ISOLATION)
- Η *συνδρομικότητα* (concurrency) *επιτυγχάνεται από το ΣΔΒΔ που διαπλέκει τις πράξεις* (αναγνώσεις/εγγραφές) των διαφόρων συναλλαγών

Στόχος: «Σωστή» Διαπλοκή

- Επίσης, όταν μια δοσοληψία υποβάλλεται στο ΣΔΒΔ το σύστημα πρέπει να εξασφαλίσει ότι είτε:
 - (α) **όλες** οι πράξεις της θα ολοκληρωθούν, είτε
 - (β) **καμία** δε θα εκτελεστεί - δηλαδή δε θα έχει καμία επίδραση στη ΒΔ -- ακόμα και αν συμβούν αποτυχίες
- Αυτή είναι μια σημαντική ιδιότητα που πρέπει να εξασφαλίσει το ΣΔΒΔ - Ο χρήστης πρέπει να μπορεί να θεωρεί ότι όλο το πρόγραμμα (πράξεις) εκτελούνται σε ένα βήμα είτε καμία πράξη δεν εκτελείται (**Ιδιότητα της Ατομικότητας των δοσοληψιών - ATOMICITY**)

Είδη Αποτυχιών

Δυο κατηγορίες: καταστροφή ή όχι της μόνιμης αποθήκευσης (δίσκου)

Παραδείγματα αποτυχιών ...

Προγραμματιστικά
Εξωτερικού περιβάλλοντος
Του ίδιου του συστήματος (π.χ. Αδιέξοδα)

Δοσοληψίες

Πιο αναλυτικά ...

Προβλήματα Λόγω Συνδρομικότητας (παράδειγμα)

⌘ Θεωρήστε δύο συναλλαγές (Xacts):

```
T1: BEGIN R(X), X=X-N, W(X), R(Y), Y=Y+N, W(Y), END
T2: BEGIN R(X) X=X+M, W(X) END
```

X, Y κρατήσεις πτήση X και Y
T1 μεταφέρει N κρατήσεις θέσεων από την πτήση X στη Y.
T2 κρατά M θέσεις στη X.

Δεν υπάρχει καμία εγγύηση ότι η T1 θα εκτελεστεί πριν την T2 η το ανάποδο, αν και η δύο υποβληθούν ταυτόχρονα. Ωστόσο, το συνολικό αποτέλεσμα πρέπει να είναι *ισοδύναμο* με τη μία ή την άλλη περίπτωση (δηλαδή, με κάποια *σειριακή εκτέλεση* των δύο δοσοληψιών)

X = 100 κρατήσεις
Y = 90 κρατήσεις
Μεταφορά N = 30 κρατήσεων
Νέα κράτηση M = 5 θέσεις

Προβλήματα Λόγω Συνδρομικότητας

T1 μεταφέρει N κρατήσεις θέσεων από την πτήση X στη Y.
T2 κρατά M θέσεις στη X. Σωστό X = 75, Y = 120

<pre>T1 BEGIN R(X) read 100 X=X-N X= 70 W(X) write X = 70 R(Y) read 90 Y=Y+N Y = 120 W(Y) write Y = 120 END</pre>	<p>σειριακή εκτέλεση T1 → T2</p>	<pre>T2 BEGIN R(X) read 105 X=X-N X = 75 W(X) write X = 75 R(Y) read 90 Y=Y+N Y = 120 W(Y) write Y = 120 END</pre>
---	---	--

σειριακή εκτέλεση
T2 → T1

X = 100 κρατήσεις
Y = 90 κρατήσεις
Μεταφορά N = 30 κρατήσεων
Νέα κράτηση M = 5 θέσεις

Προβλήματα Λόγω Συνδρομικότητας

<pre>T1 BEGIN R(X) read 100 X=X-N X = 70 W(X) write X = 70 R(Y) Y = 90 Y=Y+N Y = 110 W(Y) write Y = 110 END</pre>	<p>Απώλεια Ενημερώσεων</p>	<pre>T2 BEGIN R(X) read 100 X=X+M X = 105 W(X) write X = 105 END</pre>
---	-----------------------------------	--

Η τιμή του X είναι λανθασμένη

Προβλήματα Λόγω Συνδρομικότητας

X = 100 κρατήσεις
Y = 90 κρατήσεις
Μεταφορά N = 30 κρατήσεων
Νέα κράτηση M = 5 θέσεις

T1 T2

```

BEGIN
R(X) read 100
X=X-N X = 70
W(X) write X = 70

```

Dirty Read

```

BEGIN
R(X) read 70
X=X+M X = 75
W(X) write X = 75
END

```

Y=Y+N

Τι θα συμβεί αν η T1 αποτύχει - η T2 θα έχει διαβάσει «ανύπαρκτη τιμή»

Προσωρινή Ενημέρωση

Βάσεις Δεδομένων II 2004-2005 Ευαγγελία Πιτουρά 19

Προβλήματα Λόγω Συνδρομικότητας

X = 100 κρατήσεις
Y = 90 κρατήσεις
Μεταφορά N = 30 κρατήσεων
Νέα κράτηση M = 5 θέσεις

T1 T2

```

BEGIN
R(X) read 100

```

Μη Επαναλήψιμη Ανάγνωση

```

BEGIN
R(X) read 100
X=X+M X = 105
W(X) write X = 105
END

```

R(X)

Η τιμή του X που διαβάζει η T1 είναι διαφορετική!!

Βάσεις Δεδομένων II 2004-2005 Ευαγγελία Πιτουρά 20

Πράξεις μιας Δοσοληψίας

• Ας προσπαθήσουμε να ορίσουμε το πρόβλημα στη γενική του μορφή

Βάσεις Δεδομένων II 2004-2005 Ευαγγελία Πιτουρά 21

Πράξεις μιας Δοσοληψίας

Πράξεις Δοσοληψιών

- **BEGIN**
- **R(X)**
- **W(X)**
- **END**
- **COMMIT** (επικύρωση) - επιτυχία - όλες οι τροποποιήσεις επικυρώνονται και δεν μπορούν να αναιρεθούν
- **ABORT** (ακύρωση ή ανάκληση) - αποτυχία - όλες οι τροποποιήσεις πρέπει να αναιρεθούν

Βάσεις Δεδομένων II 2004-2005 Ευαγγελία Πιτουρά 22

Πράξεις μιας Δοσοληψίας

- Μια δοσοληψία μπορεί να επικυρωθεί (commit) αφού ολοκληρώσει *όλες* τις πράξεις της ενώ μπορεί να ακυρωθεί (abort) αφού εκτελέσει *κάποιες* από τις πράξεις της
- Το ΣΔΒΔ *logs* όλες τις πράξεις έτσι ώστε να μπορεί να αναιρέσει (undo) τις πράξεις μιας ακυρωμένης (aborted) δοσοληψίας.

Βάσεις Δεδομένων II 2004-2005 Ευαγγελία Πιτουρά 23

Καταστάσεις μιας Δοσοληψίας

```

graph LR
    RUNNING((RUNNING)) -- R/W --> RUNNING
    RUNNING -- END --> COMMIT((COMMIT))
    RUNNING -- ABORT --> ABORT1((ABORT))
    COMMIT --> ABORT2((ABORT))

```

Βάσεις Δεδομένων II 2004-2005 Ευαγγελία Πιτουρά 24

Συνδρομικότητα σε ΣΔΒΔ

ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ

Κάθε δοσοληψία πρέπει να αφήνει τη ΒΔ σε μια **συνεπή κατάσταση** αν η ΒΔ ήταν σε συνεπή κατάσταση όταν άρχισε η δοσοληψία (**συνέπεια**)

- Το ΣΔΒΔ επιβάλλει κάποιους ΠΑ (Περιορισμούς Ακεραιότητας) με βάση τους ΠΑ που έχουν δηλωθεί στις εντολές CREATE TABLE
- Πέρα από αυτό, το ΣΔΒΔ δεν καταλαβαίνει τη σημασιολογία των δεδομένων (π.χ., δεν καταλαβαίνει πώς να υπολογίσει το επιτόκιο)

Αποτελέσματα της διαπλεγμένης εκτέλεσης δοσοληψιών (έλεγχος συνδρομικότητας) και των αποτυχιών (ανάκαμψη)

Επιθυμητές Ιδιότητες μιας Δοσοληψίας

Ιδιότητες Δοσοληψιών

- **Atomicity** (Ατομικότητα) - είτε όλες οι πράξεις είτε καμία
- **Consistency** (Συνέπεια) - διατήρηση συνέπειας της ΒΔ
- **Isolation** (Απομόνωση) - δεν αποκαλύπτει ενδιάμεσα αποτελέσματα
- **Durability** (Μονιμότητα ή διάρκεια) - μετά την επικύρωση μιας δοσοληψίας οι αλλαγές δεν είναι δυνατόν να χαθούν

Επιθυμητές Ιδιότητες μιας Δοσοληψίας

- **Atomicity** (ατομικότητα) → **ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΚΑΜΨΕΙΣ**
- **Consistency** (συνέπεια) → **ΥΠΕΥΘΥΝΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΗ**
- **Isolation** (απομόνωση) → **ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΔΡΟΜΙΚΟΤΗΤΑΣ**
- **Durability** (μονιμότητα ή διάρκεια) → **ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΚΑΜΨΕΙΣ**

Επεξεργασία Δοσοληψιών

Τώρα που καταλάβαμε το πρόβλημα, μπορούμε να βρούμε ένα θεωρητικό μοντέλο που να το εκφράζει;

Επεξεργασία Δοσοληψιών

Ορισμοί

1. δοσοληψία
2. διαπλεγμένη εκτέλεση δοσοληψιών (χρονοπρόγραμμα)
3. σωστό -- αποδεκτό χρονοπρόγραμμα

Στη συνέχεια ... (στο επόμενο μάθημα)

Τεχνικές για να πετύχουμε σωστά χρονοπρογράμματα (έλεγχος συνδρομικότητας)

Ορισμός Δοσοληψίας

Μια **δοσοληψία** είναι μια ακολουθία από πράξεις εγγραφής και ανάγνωσης που τελειώνει με μια πράξη επικύρωσης (commit) ή με μια πράξη ακύρωσης (abort)

Ορισμός Δοσοληψίας

⌘ Θεωρείστε τις δύο συναλλαγές (*Acts*) του παραδείγματος:

```
T1: BEGIN R(X), X=X-N, W(X), R(Y), Y=Y+N, W(Y), END
T2: BEGIN R(X) X=X+M, W(X) END
```

- ❖ T1: R(X) W(X) R(Y) W(Y) C
- ❖ T2: R(X) W(X) C

Θα χρησιμοποιούμε δείκτη στις πράξεις που να δείχνει σε ποια δοσοληψία αναφέρονται

$R_1(X)$

Ορισμός Χρονοπρογράμματος

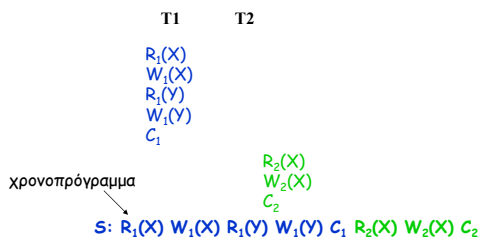
- Χρονοπρόγραμμα: εκφράζει μια συγκεκριμένη εκτέλεση ενός συνόλου δοσοληψιών
- Οι πράξεις των δοσοληψιών εμφανίζονται στο χρονοπρόγραμμα με τη σειρά που εκτελούνται

Συγκεκριμένα

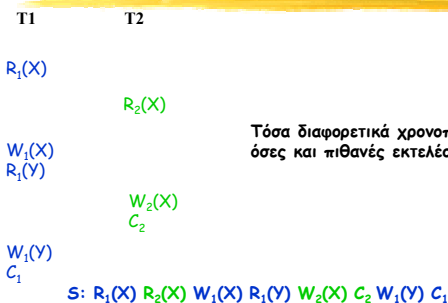
Ένα **χρονοπρόγραμμα (schedule) S** των δοσοληψιών T_1, T_2, \dots, T_n είναι μια **διάταξη** των πράξεων τους με τον περιορισμό ότι για κάθε δοσοληψία T_i που συμμετέχει στο S οι πράξεις της T_i στο S πρέπει να εμφανίζονται με την **ίδια σειρά** που εμφανίζονται στην T_i

Ορισμός Χρονοπρογράμματος

Χρησιμοποιούμε δείκτη στις πράξεις που να δείχνει σε ποια δοσοληψία αναφέρονται

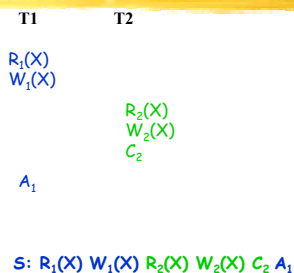


Ορισμός Χρονοπρογράμματος



Τόσα διαφορετικά χρονοπρογράμματα όσες και πιθανές εκτελέσεις

Ορισμός Χρονοπρογράμματος



Ορισμός Χρονοπρογράμματος

Διάταξη πράξεων

S1: $R_1(X) R_2(X) W_1(X) R_1(Y) W_2(X) C_2 W_1(Y) C_1$

S2: $R_2(X) R_1(X) W_1(X) R_1(Y) W_2(X) C_2 W_1(Y) C_1$

Ποια είναι η σχέση των χρονοπρογραμμάτων S1 και S2;

Διαισθητικά «δεν διαφέρουν»

Σύγκριση πράξεων σε χρονοπρόγραμμα

Δύο πράξεις σε ένα χρονοπρόγραμμα συγκρούονται αν
 (α) ανήκουν σε διαφορετικές δοσοληψίες,
 (β) προσπελαίνουν το ίδιο στοιχείο, και
 (γ) μια από αυτές είναι πράξη εγγραφής (W)

σημασία έχει η σχετική θέση (διάταξη) των πράξεων που συγκρούονται

$$S1: R_1(X) R_2(X) W_1(X) R_1(Y) W_2(X) C_2 W_1(Y) C_1$$

$$S2: R_2(X) R_1(X) W_1(X) R_1(Y) W_2(X) C_2 W_1(Y) C_1$$

Τα S1 και S2 ισοδύναμα (διαφέρουν μόνο στη διάταξη πράξεων που δε συγκρούονται) \Rightarrow μερική διάταξη

Επίσης, ζητάμε να μην περιέχει ενεργές δοσοληψίες (πλήρες)

Ένα πλήρες χρονοπρόγραμμα (schedule) S των δοσοληψιών T_1, T_2, \dots, T_n είναι ένα σύνολο από πράξεις και μια μερική διάταξη των πράξεων αυτών με τους ακόλουθους περιορισμούς:

- (i) οι πράξεις του S είναι ακριβώς οι πράξεις των T_1, T_2, \dots, T_n συμπεριλαμβανομένης μιας πράξης ακύρωσης ή επικύρωσης ως τελευταίας πράξης σε κάθε δοσοληψία στο χρονοπρόγραμμα
- (ii) για κάθε δοσοληψία T_i που συμμετέχει στο S οι πράξεις της T_i στο S πρέπει να εμφανίζονται με την ίδια σειρά που εμφανίζονται στην T_i
- (iii) Για κάθε ζεύγος συγκρουόμενων πράξεων, μια από τις δύο πρέπει να προηγείται της άλλης στο χρονοπρόγραμμα

Επικυρωμένη προβολή $C(S)$ ενός χρονοπρογράμματος S η οποία περιλαμβάνει μόνο τις πράξεις του S που ανήκουν σε επικυρωμένες δοσοληψίες

Ορισμοί

- ✓ 1. δοσοληψία
- ✓ 2. διαπεπλεγμένη εκτέλεση δοσοληψιών (χρονοπρόγραμμα)
- \Rightarrow 3. σωστό -- αποδεκτό χρονοπρόγραμμα

Ισοδυναμία με σειριακό χρονοπρόγραμμα

Σειριακά Χρονοπρόγραμματα:

χρονοπρόγραμματα που δεν διαπλέκουν πράξεις διαφορετικών δοσοληψιών (οι πράξεις κάθε δοσοληψίας εκτελούνται διαδοχικά, χωρίς παρεμβολή πράξεων από άλλη δοσοληψία)

Παρατήρηση: Αν κάθε δοσοληψία διατηρεί τη συνέπεια, τότε κάθε σειριακό χρονοπρόγραμμα διατηρεί τη συνέπεια

Ένα σειριακό χρονοπρόγραμμα είναι σωστό

$$S: R_1(X) W_1(X) R_1(Y) W_1(Y) C_1 R_2(X) W_2(X) C_2$$

Ισοδύναμα Χρονοπρογράμματα:

Για κάθε κατάσταση της ΒΔ, το αποτέλεσμα της εκτέλεσης του πρώτου χρονοπρογράμματος είναι *το ίδιο* με το αποτέλεσμα του δεύτερου χρονοπρογράμματος

Ένα χρονοπρόγραμμα ισοδύναμο με ένα σειριακό είναι σωστό

Ισοδύναμα Χρονοπρογράμματα: Για κάθε κατάσταση της ΒΔ, το αποτέλεσμα της εκτέλεσης του πρώτου χρονοπρογράμματος είναι *το ίδιο* με το αποτέλεσμα του δεύτερου χρονοπρογράμματος

Αρκεί:

Είναι δυνατόν να ελεγχθεί:

Σειριοποιήσιμο Χρονοπρόγραμμα:

Ένα χρονοπρόγραμμα που είναι *ισοδύναμο* με κάποιο σειριακό

Τι σημαίνει ισοδύναμο;

Τι σημαίνει ισοδύναμο;

- **Ισοδυναμία βάσει συγκρούσεων** (πιο περιοριστική αλλά υπάρχει αποδοτικός τρόπος να ελεγχθεί)
- **Ισοδυναμία όψεων** (πιο γενική, αλλά ο έλεγχος έχει αποδειχθεί ότι είναι NP-complete πρόβλημα)

• **Ισοδύναμα Χρονοπρογράμματα βάσει Συγκρούσεων:**

Δυο χρονοπρογράμματα είναι ισοδύναμα βάσει συγκρούσεων αν η διάταξη κάθε ζεύγους συγκρουόμενων πράξεων είναι ίδια και στα δυο χρονοπρογράμματα.

Δύο πράξεις σε ένα χρονοπρόγραμμα συγκρούονται αν

- ανήκουν σε διαφορετικές δοσοληψίες,
- προσπελαύνουν το ίδιο στοιχείο, και
- μια από αυτές είναι πράξη εγγραφής (W)

S1: $R_1(X) R_2(X) W_1(X) R_1(Y) W_2(X) C_2 W_1(Y) C_1$

Παραδείγματα

S2: $R_2(X) R_1(X) W_1(X) R_1(Y) W_2(X) C_2 W_1(Y) C_1$

S3: $R_2(X) W_2(X) C_2 R_1(X) W_1(X) R_1(Y) W_1(Y) C_1$

S4: $R_2(X) R_1(X) W_1(X) R_1(Y) W_1(Y) C_1 W_2(X) C_2$

Σειριοποιησιμότητα βάσει Συγκρούσεων:

Ένα χρονοπρόγραμμα S είναι σειριοποιήσιμο βάσει συγκρούσεων αν είναι ισοδύναμο βάσει συγκρούσεων με κάποιο σειριακό χρονοπρόγραμμα S'.

• Σε αυτήν την περίπτωση μπορούμε να αναδιατάξουμε τις μη συγκρουόμενες πράξεις στο S μέχρι να σχηματίσουμε ένα ισοδύναμο σειριακό χρονοπρόγραμμα.

S1: $R_1(X) R_2(X) W_1(X) R_1(Y) W_2(X) C_2 W_1(Y) C_1$

S2: $R_2(X) R_1(X) W_1(X) R_1(Y) W_2(X) C_2 W_1(Y) C_1$

Σειριοποιήσιμα:

Sα: $R_1(X) W_1(X) R_1(Y) W_1(Y) C_1 R_2(X) W_2(X) C_2$

Sβ: $R_2(X) W_2(X) C_2 R_1(X) W_1(X) R_1(Y) W_1(Y) C_1$

⌘ Ανάγνωση Uncommitted δεδομένων (WR Συγκρούσεις "dirty reads", προσωρινή ενημέρωση):

T1:	$R_1(A) W_1(A)$	$R_1(B) W_1(B)$	Abort
T2:		$R_2(A) W_2(A), C$	

⌘ Μη επαναλήψιμες αναγνώσεις (RW Συγκρούσεις):

T1:	$R_1(A)$	$R_1(A) W_1(A) C$
T2:	$R_2(A) W_2(A) C$	

⌘ Απώλειες Ενημερώσεων (WW Συγκρούσεις):

T1:	$W_1(A)$	$W_1(B) C$
T2:	$W_2(A) W_2(B) C$	

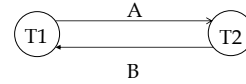
Υπάρχει τρόπος να ελέγξουμε αποδοτικά αν ένα χρονοπρόγραμμα είναι σωστό, δηλαδή σειριοποιήσιμο βάσει συγκρούσεων;

Γράφος προήγησης (precedence graph) ή γράφος σειριοποιησιμότητας (serialization graph)

Κόμβος: Δοσοληψία

Ακμή $T_i \rightarrow T_j$ αν μια πράξη της T_i προηγείται μιας συγκρουόμενης πράξης της T_j

T1:	$R_1(A) W_1(A),$	$R_1(B) W_1(B)$
T2:	$R_2(A) W_2(A) R_2(B) W_2(B)$	



Η ετικέτα στην ακμή δείχνει σε ποιο δεδομένο συγκρούονται

S1: $R_1(X) R_2(X) W_1(X) R_1(Y) W_2(X) C_2 W_1(Y) C_1$

S2: $R_1(X) R_2(X) W_2(X) C_2 W_1(X) R_1(Y) W_1(Y) C_1$

Γράφοι:

Θεώρημα

Ένα χρονοπρόγραμμα είναι σειριοποιήσιμο (βάσει συγκρούσεων) αν και μόνο αν ο γράφος προήγησησής του είναι ακυκλικός.

Αν ακυκλικός, μια διαπεράσή του (topological sort) μας δείχνει και με ποιο σειριακό

Χρονοπρογράμματα ισοδύναμα με σειριακά αφήνουν τη βάση δεδομένων σε συνεπή κατάσταση

Δυο είδη σειριοποιησιμότητας

- Με βάση όψεις (πιο γενική, αλλά δεν υπάρχει λογαριθμικός αλγόριθμος)
- Με βάση συγκρούσεις (υπάρχει αλγόριθμος (γράφος συνδρομικότητας))

- ⌘ Δυο χρονοπρογράμματα S1 και S2 είναι **ισοδύναμα όψεων** αν:
- ⊠ Αν στο S1, η T_i διαβάζει την αρχική τιμή του A, τότε η T_i επίσης διαβάζει την αρχική τιμή του A στο S2
 - ⊠ Αν στο S1, η T_i διαβάζει την τιμή του A που έγραψε η T_j , τότε η T_i διαβάζει την τιμή του A που έγραψε η T_j και στο S2
 - ⊠ Αν στο S1, η T_i γράφει την τελική τιμή του A, τότε η T_i γράφει την τελική τιμή του A και στο S2

T1:	$R(A)$	$W(A)$
T2:	$W(A)$	
T3:		$W(A)$

T1:	$R(A), W(A)$
T2:	$W(A)$
T3:	$W(A)$

χρονοπρογράμματα ισοδύναμα με σειριακά αφήνουν τη βάση δεδομένων σε συνεπή κατάσταση

Αρκεί:

Όχι, στην περίπτωση αποτυχιών

Θα δούμε κάποιες ιδιότητες που το εξασφαλίζουν

ζητούμενο: όταν μια δοσοληψία επικυρωθεί δεν θα χρειαστεί ποτέ να ανακληθεί

Χρονοπρογράμματα με δυνατότητα ανάκαμψης

αν καμιά δοσοληψία T στο S δεν επικυρώνεται έως ότου επικυρωθούν όλες οι δοσοληψίες οι οποίες τροποποίησαν ένα δεδομένο που διαβάζει η T

Χρονοπρογράμματα με δυνατότητα ανάκαμψης: καμιά δοσοληψία T στο S δεν επικυρώνεται έως ότου επικυρωθούν όλες οι δοσοληψίες οι οποίες τροποποίησαν ένα δεδομένο που διαβάζει η T

$R_1(X) W_1(X) R_2(X) R_1(Y) W_2(X) C_2 A_1$

$R_1(X) W_1(X) R_2(X) R_1(Y) W_2(X) W_1(Y) C_1 C_2$

• πρόβλημα: διαδιδόμενη ανάκληση (όταν μια δοσοληψία πρέπει να ανακληθεί γιατί διάβασε κάποιο στοιχείο από μια δοσοληψία που απέτυχε)

Χρονοπρογράμματα που αποφεύγουν τη διάδοση ανακλήσεων

αν κάθε δοσοληψία T στο S διαβάζει μόνο στοιχεία που έχουν γραφεί από επικυρωμένες δοσοληψίες

Αυστηρά Χρονοπρογράμματα

οι δοσοληψίες δεν μπορούν ούτε να διαβάσουν ούτε να γράψουν ένα στοιχείο X έως ότου επικυρωθεί η δοσοληψία που έγραψε το X

Δυνατότητα επιστροφής στην before image

$W_1(X, 5) W_2(X, 9) A_1$

Ορίσαμε το πρόβλημα

στο επόμενο μάθημα::

Τεχνικές Ελέγχου Συνδρομικότητας

στο μεθεπόμενο μάθημα::

Τεχνικές Ανάκαμψης από Σφάλματα