



Ειδικά Θέματα Βάσεων Δεδομένων

Ενότητα 7: Ταυτοχρονισμός

Δρ. Τιμπίρης Αλκιβιάδης

Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής ΤΕ



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Κεντρικής Μακεδονίας» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ενότητα 7

Ταυτοχρονισμός

Δρ. Τιμπίρης Αλκιβιάδης

Περιεχόμενα ενότητας

- Ταυτοχρονισμός
- Προβλήματα ταυτοχρονισμού
- Χαμένη ενημέρωση
- Εξάρτηση από αναπικύρωτη μεταβολή
- Ασυνεπής Ανάλυση
- Κλείδωμα (Αποκλειστικό-Μεριζόμενο)
- Αδιέξοδο
- Λύση των προβλημάτων ταυτοχρονισμού.
- Προτιθέμενα κλειδώματα

Σκοποί ενότητας

Εξηγούνται τα προβλήματα που προκύπτουν από ταυτόχρονη εκτέλεση συναλλαγών καθώς και τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ταυτόχρονης εκτέλεσης συναλλαγών που βασίζονται στην έννοια του κλειδώματος των δεδομένων. Τέλος παρουσιάζονται τα προβλήματα αδιεξόδου καθώς και οι υπάρχουσες λύσεις.

Ταυτοχρονισμός

T1

```
BEGIN  
R(X)  
X=X-N  
W(X)  
R(Y)  
Y=Y+N  
W(Y)  
END
```

T2

σειριακή
εκτέλεση
 $T1 \rightarrow T2$

```
BEGIN  
R(X)  
X=X+M  
W(X)  
END
```

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
```

σειριακή
εκτέλεση
 $T2 \rightarrow T1$

Ταυτοχρονισμός

T1

BEGIN
R(X)
X=X-N

W(X)
R(Y)

Y=Y+N
W(Y)
END

T2

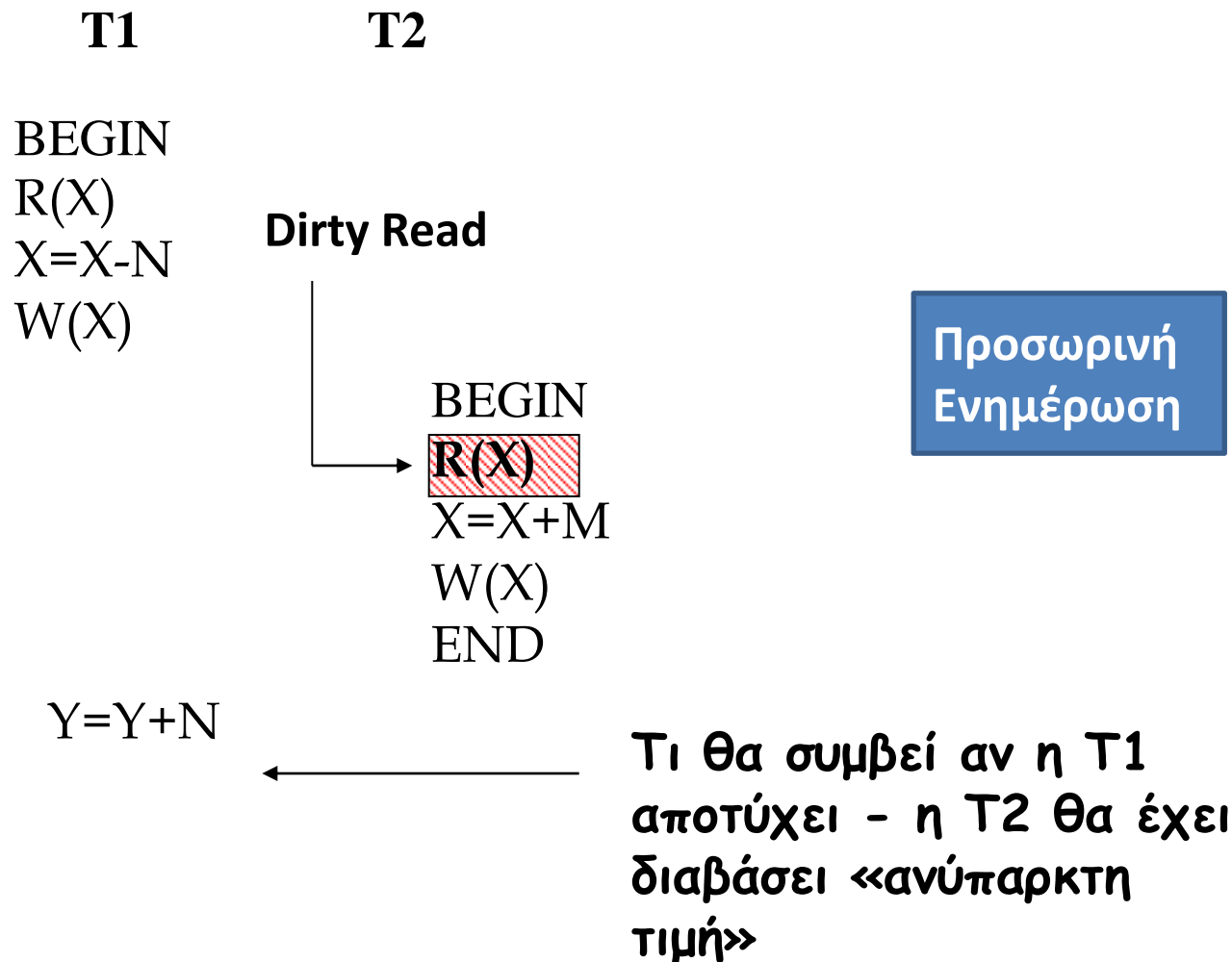
BEGIN
R(X)
X=X+M

W(X)
END

Η τιμή του X είναι
λανθασμένη

Απώλεια
Ενημερώσεων

Ταυτοχρονισμός



Ταυτοχρονισμός

T1

```
BEGIN  
R(X)  
X=X-N
```

T2

```
BEGIN  
R(X)  
X=X+M  
W(X)  
END
```

Μη Επαναλήψιμη
Ανάγνωση

R(X)



Η τιμή του X που διαβάζει η
T1 είναι διαφορετική

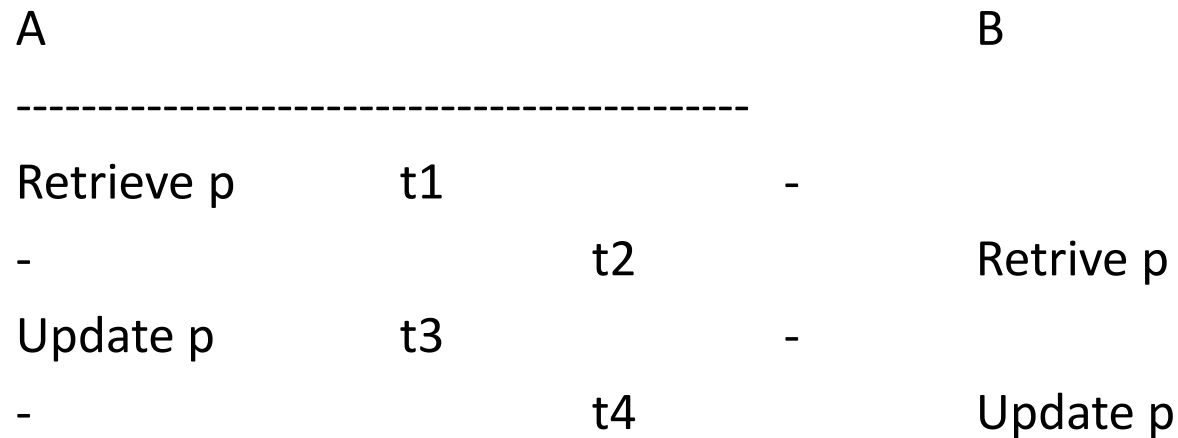
Προβλήματα ταυτοχρονισμού

Τα προβλήματα του ταυτοχρονισμού είναι:

- Το πρόβλημα της **χαμένης ενημέρωσης** (lost update)
- Το πρόβλημα της **εξάρτησης από ανεπικύρωτη μεταβολή** (uncommitted dependency)
- Το πρόβλημα της **ασυνεπούς ανάλυσης** (inconsistent analysis)

Χαμένη ενημέρωση ταυτοχρονισμού

Χαμένη Ενημέρωση



Εξάρτηση από ανεπικύρωτη μεταβολή ταυτοχρονισμού

Εξάρτηση από ανεπικύρωτη μεταβολή

| A | | B |
|------------|----|----------|
| ----- | | |
| ---- | t1 | Update p |
| Retrieve p | t2 | - |
| Update p | t3 | |
| ---- | t4 | Rollback |

Ασυνεπής ανάλυση ταυτοχρονισμού

Ασυνεπής ανάλυση

| | | | |
|----------------------|-----------------------------|----|------------------|
| A | [ACC1=40, ACC2=50, ACC3=30] | B | |
| ----- | | | |
| Retrieve ACC1 sum=40 | t1 | - | |
| Retrieve ACC2 sum=90 | t2 | - | |
| - | | t3 | Retrieve ACC3 |
| - | | t4 | Update ACC3 30-- |
| >20 | | | |
| - | | t5 | Retrieve ACC1 |
| - | | t6 | Update ACC1 40-- |
| >50 | | | |
| - | | t7 | COMMIT |
| Reatrive ACC3 | t8 | - | |
| sum=110 no 120 | | | |

Τεχνική έλεγχου ταυτοχρονισμού

Μία τεχνική έλεγχου που χρησιμοποιεί ο ταυτοχρονισμός είναι το κλείδωμα:

Κλείδωμα (locking) η λειτουργία του έχει σαν αποτέλεσμα τον αποκλεισμό των συναλλαγών από την συστοιχία ώστε αν μην υπάρχει δυνατότητα μεταβολής της . Υπάρχουν δύο είδη κλειδώματος:

- **Αποκλειστικά κλειδώματα X (exclusive locks)** κλείδωμα πράξεων εγγραφής (write lock)
- **Μεριζόμενα κλειδώματα S (shared locks)** κλείδωμα πράξεων ανάγνωσης (read lock)

Κλείδωμα

Έστω ότι η συναλλαγή A κατέχει ένα αποκλειστικό κλείδωμα (X) πάνω στη συστοιχία ρ , τότε μια αίτηση από κάποια άλλη συναλλαγή B για ένα κλείδωμα οποιουδήποτε από τους δύο τύπους στην ρ θα **απορριφθεί**.

Κλείδωμα

Έστω το A κατέχει ένα μεριζόμενο (S) κλείδωμα πάνω στη συστοιχία ρ , τότε:

- Μια αίτηση από κάποια άλλη συναλλαγή B για ένα κλείδωμα X στην ρ θα **απορριφθεί**.
- Μια αίτηση από κάποια άλλη συναλλαγή B για ένα κλείδωμα S στην ρ θα γίνει **δεκτή** (δηλαδή, και η B θα διατηρεί τώρα ένα κλείδωμα S στην ρ).

Μητρώο συμβατότητας ταυτοχρονισμού

ΜΗΤΡΩΟ ΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑΣ (Compatibility Matrix): για τους τύπους κλειδωμάτων X και S.

| | X | S | - |
|---|-----|-----|-----|
| X | Οχι | Οχι | Ναι |
| S | Οχι | Ναι | Ναι |
| - | Ναι | Ναι | Ναι |

Σχόλιο! Η παύλα = χωρίς κλείδωμα.

Πρωτόκολλο προσπέλασης δεδομένων ταυτοχρονισμού

Πρωτόκολλο προσπέλασης δεδομένων (data access protocol):

- Μια συναλλαγή που θέλει να ανακαλέσει μια συστοιχία πρέπει πρώτα να αποκτήσει ένα κλείδωμα S σε αυτή τη συστοιχία.
- Μια συναλλαγή που θέλει να ενημερώσει μια συστοιχία πρέπει πρώτα να αποκτήσει ένα κλείδωμα X σε αυτή τη συστοιχία. Αν κατέχει ήδη ένα κλείδωμα S στη συστοιχία, όπως συμβαίνει σε μια ακολουθία ανάκλησης και ενημέρωσης (RETRIEVE-UPDATE), τότε θα πρέπει να προαγάγει το κλείδωμα S σε κλείδωμα επιπέδου X .
- Αν μια αίτηση κλειδώματος από τη συναλλαγή B απορριφθεί επειδή έρχεται σε σύγκρουση με ένα κλείδωμα που κατέχει ήδη η συναλλαγή A , τότε η συναλλαγή B περνάει σε κατάσταση αναμονής.
- Τα κλειδώματα X διατηρούνται μέχρι το τέλος της συναλλαγής (COMMIT ή ROLLBACK).

Αδιέξοδο

Με την λέξη αδιέξοδο (Deadlock) εννοείται μία κατάσταση κατά την οποία δύο ή περισσότερες συναλλαγές βρίσκονται ταυτόχρονα σε κατάσταση αναμονής και η κάθε μία από αυτές περιμένει την άλλη ή τις άλλες να απελευθερώσουν ένα κλείδωμα πριν μπορέσει να συνεχίσει.

Αδιέξοδο-Το πρόβλημα της χαμένης ενημέρωσης

Το πρόβλημα της χαμένης ενημέρωσης

| A | | | B |
|--------------|----|---------|--------------|
| ----- | | | |
| retrieve p S | t1 | - | |
| - | | t2 | retrieve p S |
| update p X | t3 | - | |
| αναμονή | t4 | | update p X |
| αναμονή | | | |
| | | αναμονή | |

Αδιέξοδο-Πρόβλημα εξάρτησης ανεπικύρωτης μεταβολής

Το πρόβλημα Εξάρτησης από Ανεπικύρωτη Μεταβολή

A

B

| | | |
|-----------------------|----|------------------|
| ----- | t1 | Update p X |
| Retrieve p αναμονή | t2 | - |
| αναμονή | t3 | Rollback/ Commit |
| Συνέχεια Retrieve p S | t4 | |

Αδιέξοδο-Πρόβλημα ασυνεπούς ανάλυσης

Το πρόβλημα Ασυνεπούς Ανάλυσης

| | | | |
|------------------------|-------------------------------|---------|-----------------|
| A | $[ACC1=40, ACC2=50, ACC3=30]$ | | B |
| ----- | | | |
| Retrieve S ACC1 sum=40 | t1 | - | |
| Retrieve S ACC2 sum=90 | t2 | - | |
| - | | t3 | Retrieve S ACC3 |
| - | | t4 | Update X ACC3 |
| 30-->20 | | | |
| - | | t5 | Retrieve S ACC1 |
| - | | t6 | Update X ACC1 |
| 40-->50 | | | |
| Retrieve S ACC3 | t7 | Αναμονή | |
| Αναμονή | t8 | Αναμονή | |

Παράδειγμα ταυτοχρονισμού

Παράδειγμα

A

B

Lock p1 X

t1

-

-

t2

Lock p2 X

Lock p2 X

t3

-

αναμονή

t4

Lock p1 X

αναμονή

αναμονή

Γενικό συμπέρασμα αδιεξόδου

Δεν είναι δυνατό όλα τα συστήματα να εντοπίσουν ταυτόχρονα όλα τα αδιέξοδα. Μερικά χρησιμοποιούν απλώς έναν περιορισμό χρονικού ορίου και θεωρούν ότι μία συναλλαγή που δεν εκπλήρωσε την δουλειά της σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα βρίσκεται σε αδιέξοδο.

Πρωτόκολλο κλειδώματος δύο φάσεων

1. Πριν επενεργήσει σε οποιοδήποτε αντικείμενο (π.χ., σε μια συστοιχία βάσης δεδομένων), μια συναλλαγή πρέπει να αποκτήσει ένα κλείδωμα σε αυτό το αντικείμενο.
2. Αφού απελευθερώσει ένα κλείδωμα, μια συναλλαγή δεν πρέπει ποτέ να προχωρήσει στην απόκτηση και άλλων κλειδωμάτων.

Μια συναλλαγή που υπακούει σε αυτό το πρωτόκολλο έχει λοιπόν δύο φάσεις, μια φάση απόκτησης κλειδώματος και μια φάση απελευθέρωσης κλειδώματος

Προτιθέμενο κλείδωμα

Αναφέραμε ήδη ότι τα κλειδώματα X και S έχουν νόημα και για ολόκληρες σχέσεις και για μεμονωμένες συστοιχίες.

Εισάγουμε τρία νέα είδη κλειδωμάτων, που ονομάζονται προτιθέμενα κλειδώματα (intent locks), τα οποία έχουν επίσης νόημα για τις σχέσεις αλλά όχι για τις μεμονωμένες συστοιχίες.

προτιθέμενο μεριζόμενο κλείδωμα (intent shared — IS),

προτιθέμενο αποκλειστικό κλείδωμα (intent exclusive — IX)

μεριζόμενο και προτιθέμενο αποκλειστικό κλείδωμα (shared intent exclusive — SIX).

Προτιθέμενο κλείδωμα

- **IS** : Η συναλλαγή T σκοπεύει να θέσει κλειδώματα S σε μεμονωμένες συστοιχίες της R , για να εξασφαλιστεί η σταθερότητα αυτών των συστοιχιών ενώ γίνεται η επεξεργασία τους.
- **IX** : Το ίδιο με το IS , και επιπλέον η T μπορεί να χρειαστεί να ενημερώνει μεμονωμένες συστοιχίες της R , γι' αυτό θέτει κλειδώματα X σε αυτές τις συστοιχίες.
- **S** : Η T ανέχεται ταυτόχρονες αναγνώσεις, αλλά όχι ταυτόχρονες ενημερώσεις της R . Η ίδια η T δεν ενημερώνει συστοιχίες της R .
- **SIX** : Συνδυάζει τα S και IX , δηλαδή, η T ανέχεται ταυτόχρονες αναγνώσεις, αλλά όχι ταυτόχρονες ενημερώσεις της R , και επιπλέον η T μπορεί να χρειαστεί να ενημερώνει μεμονωμένες συστοιχίες της R , γι' αυτό θέτει κλειδώματα X σε αυτές τις συστοιχίες.
- **X** : Η T δεν ανέχεται καμία απολύτως ταυτόχρονη προσπέλαση της R , η ίδια η T μπορεί να ενημερώνει ή να μην ενημερώνει μεμονωμένες συστοιχίες της R .

Μητρώο συμβατότητας

Μητρώο συμβατότητας, διευρυμένο ώστε να περιλαμβάνει τα προτιθέμενα κλειδώματα

| | X | SIX | IX | S | IS | - |
|------------|----------|------------|-----------|----------|-----------|----------|
| X | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | N |
| SIX | 0 | 0 | 0 | 0 | N | N |
| IX | 0 | 0 | N | 0 | N | N |
| S | 0 | 0 | 0 | N | N | N |
| IS | 0 | N | N | N | N | N |
| - | N | N | N | N | N | N |