Τεχνικές Ανάνηψης

Περιεχόμενα

- Εισαγωγή & υποθέσεις εργασίας
- Αλγόριθμος Write-Ahead Log (WAL)
- Ανάνηψη τη παρουσία WAL

Επίπεδα αποθήκευσης

- Κυρίως μνήμη
  - RAM, cache
  - Ταχύτητα στην προσπέλαση
  - Τα δεδομένα χάνονται σε περίπτωση αποτυχίας
- Δευτερεύουσα μνήμη
  - Σκληρός Δίσκος, Ταινίες
  - Πιο αργά, λόγω ηλεκτρομηχανικής κίνησης
  - Πιο αξιόπιστα σε επίπεδο αστοχίας
  - Υπόκεινται και αυτά σε αστοχίες όμως

Επιπλέον επίπεδα αποθήκευσης

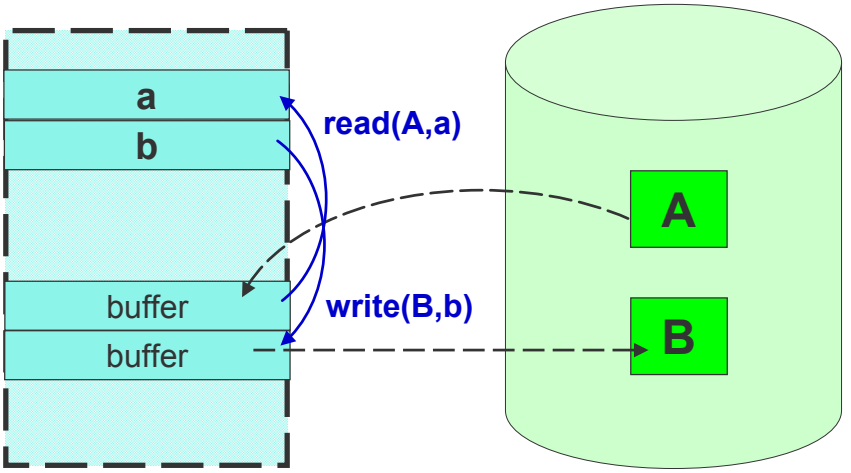
- Σταθερή αποθήκευση
  - Π.χ., συστήματα RAID [k αντίγραφα του ιδίου αποθηκευτικού μέσου]
- Hard-copies ☺

Αστοχίες του συστήματος

- Κακό πρόγραμμα (με λάθη, δηλ.)
- Αστοχία δοσοληψίας (αδιέξοδο, abort από τον χρήστη, κλπ)
- Αστοχία του συστήματος (πτώση ρεύματος, αδιέξοδο λειτουργικού συστήματος)
- Αστοχία υλικού (καταστροφή σκληρού δίσκου)

Failure: αστοχία ή αποτυχία

Read & Write

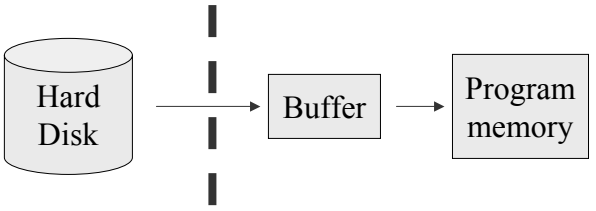


Οι διακεκομμένες αναπαριστούν λειτουργίες που μπορεί να καθυστερήσουν/ αγνοηθούν

Επανάληψη:

- Τι πάει να πει `read(a)` ;
- `a` είναι μια μεταβλητή του προγράμματος
- `read(a)` σημαίνει:
  - Διάβασε από το δίσκο την αντίστοιχη με το **a** εγγραφή στη βάση,
  - Φέρε την σε κάποιο buffer
  - Αντίγραψέ την στην περιοχή μνήμης του προγράμματος

Επανάληψη ...



- Το αντίστοιχο συμβαίνει και με τη `write`
- Όπως έχουμε πει, το `a`, εν γένει, δεν είναι εγγραφή, αλλά σελίδα στο δίσκο ...

Εμείς θα ασχοληθούμε με ...

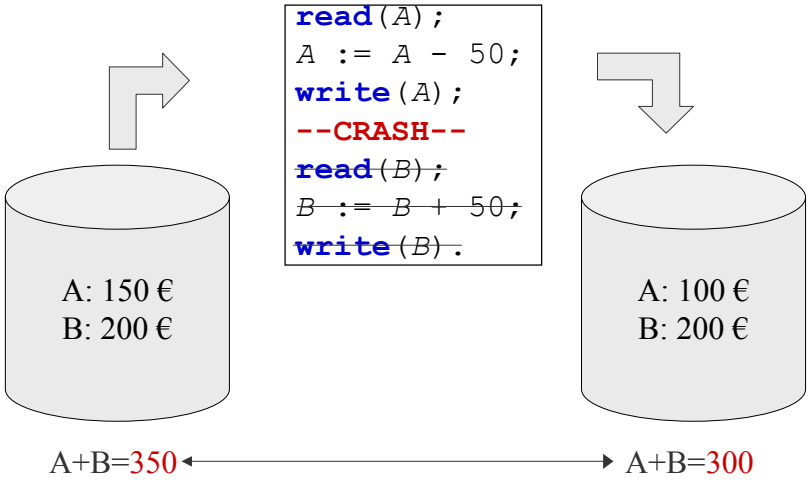
- Αστοχίες δοσοληψίας (αδιέξοδο, abort από τον χρήστη, κλπ)
- Αστοχίες του συστήματος (πτώση ρεύματος, αδιέξοδο λειτουργικού συστήματος)

Τα αποτελέσματα τροποποιούνται για να αντιμετωπίσουμε και αστοχίες υλικού...

Αυτό μεταφράζεται πρακτικά ως ...

- Τα δεδομένα από την κυρίως μνήμη χάνονται οριστικά
- Τα δεδομένα που έχουν αποθηκευθεί στο σκληρό δίσκο είναι ασφαλή
- Η ΒΔ πιθανώς βρίσκεται σε ασυνεπή μορφή.

«ασυνεπή»;



Σε περίπτωση αποτυχίας ...

- Σκοπός είναι να διατηρήσουμε τη συνέπεια του συστήματος.
- Πρέπει να επαναλάβουμε (**REDO**) όλες τις δοσοληψίες που έκαναν commit
- Πρέπει να αναιρέσουμε (**UNDO**) όσες παρενέργειες επέφεραν οι δοσοληψίες που δεν πρόλαβαν να κάνουν commit

Περιεχόμενα

- Εισαγωγή & υποθέσεις εργασίας
- Αλγόριθμος Write-Ahead Log (WAL)
- Ανάνηψη τη παρουσία WAL

Log (Ιστορικό)

- **Log** (Ιστορικό/Ιχνος/Ημερολόγιο): ένα αρχείο στο σκληρό δίσκο που καταγράφει όλη την ιστορία των ενεργειών που εκτελέστηκαν από το DBMS
- Ενέργειες:
  - BOT/EOT (Begin/End Of Transaction)
  - INS/UPD/DEL (ήτοι, write) ένα record
  - COMMIT/ABORT μια δοσοληψία
  - UNDO/REDO μια ενέργεια εγγραφής (write)

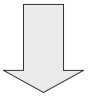
Βασικές έννοιες για το Log

- Το log ως αρχείο είναι ένα σύνολο από εγγραφές (**log records**)
- Κάθε log record χαρακτηρίζεται μονοσήμαντα από ένα **Log Sequence Number** (**LSN**).
- Το σύστημα εκδίδει αυτόματα το max(LSN)+1 για κάθε νέα log record

Log Record τύπου "Write"

- LSN
- Transaction ID (TID)
- Σελίδα που κάνουμε update
- Offset στην εν λόγω σελίδα
- Μήκος σε bytes που αλλάζουμε
- Παλιά τιμή
- Νέα τιμή

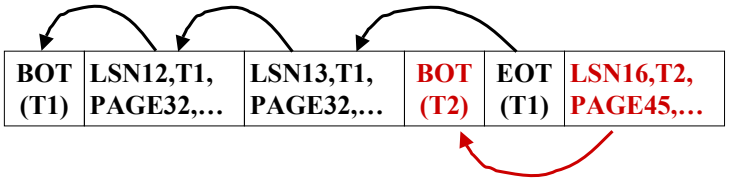
T1: UPDATE EMP
SET ID = 30
WHERE ID = 3



Log Entry: LSN12,T1,PAGE32,0xFFF32,8,3,30

Δεν φτάνουν αυτά …

- PrevLSN: Το ακριβώς προηγούμενο LSN της ίδιας δοσοληψίας
- Τι γίνεται αν αλλάξει σελίδα η εγγραφή;



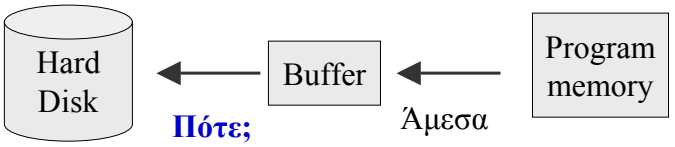
- …και τα EOT/BOT έχουν LSN (oops…)

Βασική Αρχή Write Ahead Log

Προτού γράψεις οτιδήποτε στη ΒΔ, καταχώρησε την αντίστοιχη εγγραφή στο log

Φυσικά υπάρχουν τεχνικές λεπτομέρειες ...

Τι θα πει write ;



- Σε κάθε commit;
- Σε κάθε μια ενέργεια write (ασχέτως commit);
- Σε τακτά χρονικά διαστήματα;
- Κάθε όποτε δεν έχει δουλειά το μηχάνημα ;
- ...

Dirty page: *σελίδα που έχει αλλαχθεί στον buffer, αλλά όχι στο σκληρό δίσκο*

Δύο βασικοί τρόποι εγγραφής

- **Steal**: επιτρέπουμε μια σελίδα να γραφτεί στο δίσκο, χωρίς να έχει κάνει commit η δοσοληψία που την άλλαξε [No-steal, αν γράφω μόνο committed σελίδες]
- **Force**: επιβάλλουμε σε όλες τις σελίδες μιας δοσοληψίας να γραφτούν στο δίσκο, αμέσως μετά το commit [No-Force, αν κάποιες μπορεί και να μη γραφτούν]

Στην πράξη: Steal

- Γράφω μια μη commited σελίδα στο δίσκο, είτε γιατί γέμισαν οι buffers, είτε γιατί αν κάνει commit η δοσοληψία χωρίς να αλλάξει ξανά τη σελίδα κέρδισα σε χρόνο
- Κι αν αποτύχει η δοσοληψία; Τότε πρέπει να κάνω UNDO στην αλλαγή της σελίδας

- Dirty bit: κρατάω ένα bit που λέει αν η σελίδα είναι dirty ή όχι

Στην πράξη: No-Force

- Δεν γράφω μια commited σελίδα στο δίσκο, για να αποφύγω το κόστος εγγραφής (π.χ., λόγω φόρτου του συστήματος εκείνη τη στιγμή)
- Κι αν αποτύχει το σύστημα; Τότε πρέπει να κάνω REDO στην αλλαγή της σελίδας στο δίσκο

Write Ahead Log revisited

Προτού γράψεις οτιδήποτε στη ΒΔ, καταχώρησε την αντίστοιχη εγγραφή στο log

- Για να γράψεις μια updated σελίδα από το buffer πίσω στο δίσκο, πρέπει στο log (στο δίσκο) να έχουν περαστεί οι παλιές τιμές για τα records της
- Για να κάνεις commit μια δοσοληψία πρέπει στο log (στο δίσκο) να έχουν γραφτεί όλες οι σχετικές log records

Με άλλα λόγια ...

- ΠΡΙΝ γράψω μια σελίδα στη ΒΔ, γράφω όλα τα log records που την αφορούν στο δίσκο
- ΠΡΙΝ κάνω commit μια δοσοληψία, γράφω όλα τα log records που την αφορούν στο δίσκο

- Προσοχή: τα παραπάνω είναι περιορισμοί ορθότητας και όχι αλγόριθμος ☺

Σχόλια

- Steal: και να πας να κλέψεις στη ΒΔ, ΔΕΝ μπορείς να κλέψεις στο log
- No-Force: και να μην εξαναγκάσεις τις εγγραφές της ΒΔ να γραφούν στο δίσκο, πρέπει να γραφούν όλες οι log records
- Μην ξεχνάτε ότι και το log περνά από buffering!

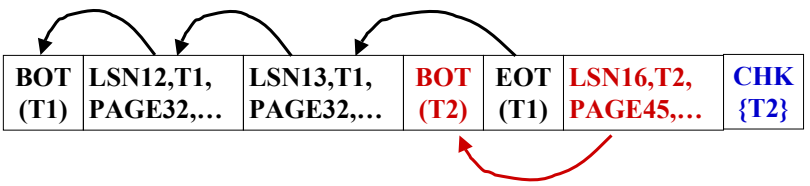
Και τι κέρδισα;

- Για να γράψεις μια updated σελίδα από το buffer πίσω στο δίσκο, πρέπει στο log (στο δίσκο) να έχουν περαστεί οι παλιές τιμές για τα records της
  - Σε περίπτωση αποτυχίας της δοσοληψίας, μπορώ να κάνω UNDO
- Για να κάνεις commit μια δοσοληψία πρέπει στο log (στο δίσκο) να έχουν γραφτεί όλες οι σχετικές log records
  - Σε περίπτωση αποτυχίας του συστήματος, μπορώ να κάνω REDO

Checkpoints – Σημεία ελέγχου

- Περιοδικά, το σύστημα κάνει τις εξής ενέργειες:
  - Σταματά κάθε άλλη ενέργεια
  - Καταγράφει το σύνολο των ενεργών δοσοληψιών
  - Γράφει (**flush**) όλους τους buffers με log records, στο δίσκο
  - Γράφει (**flush**) όλους τους buffers με records της ΒΔ, στο δίσκο
  - Γράφει στο log μια εγγραφή CHK (checkpoint)

Οπότε το log θα δείχνει κάπως έτσι ...



{T2} είναι το σύνολο των ενεργών δοσοληψιών

Checkpoints

- Sharp checkpoint: το προαναφερθέν είδος checkpoint
- Fuzzy checkpoint: αντί να σταματήσει το σύστημα, γράφει μόνο ποιες είναι οι dirty pages και στέλνει την εγγραφή των σελίδων αυτών στο background. Δικαιούμαστε να ξαναπάρουμε checkpoint μόνο όταν η παρασκηνιακή διεργασία τελειώσει.

Θεωρήστε sharp checkpoints

Περιεχόμενα

- Εισαγωγή & υποθέσεις εργασίας
- Αλγόριθμος Write-Ahead Log (WAL)
- Ανάνηψη τη παρουσία WAL

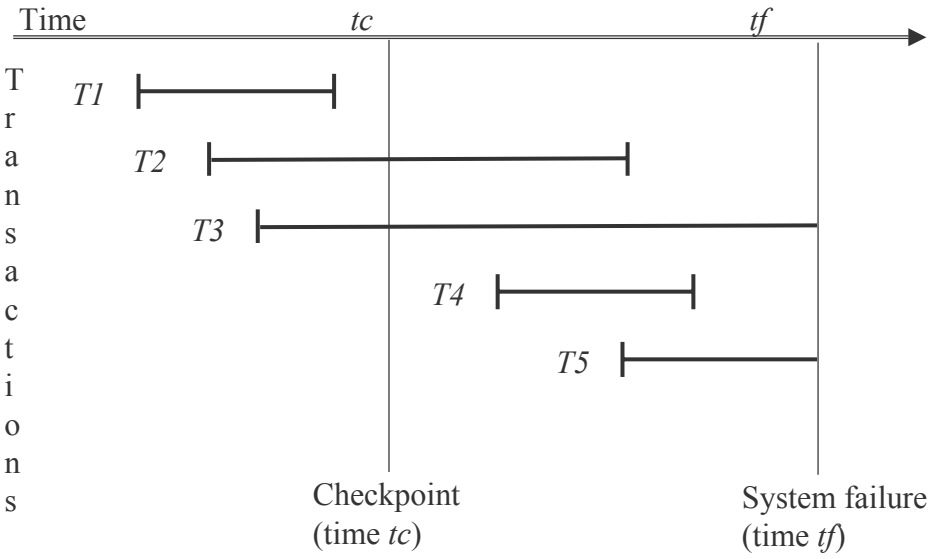
Ανάνηψη αν έχουμε WAL

- Έστω ότι το σύστημα αποτυγχάνει και πρέπει να το επαναφέρουμε (ήτοι, να επαναφέρουμε τη ΒΔ σε συνεπή μορφή).
- Η διαδικασία αυτή ονομάζεται **ανάνηψη** (**recovery**) ή ανάκαμψη ή επαναφορά
- Αν έχουμε χρησιμοποιήσει WAL κατά την κανονική λειτουργία του συστήματος, η ανάνηψη έχει **3 φάσεις:**
  1. Ανάλυση
  2. UNDO
  3. REDO

Φάση Ανάλυσης

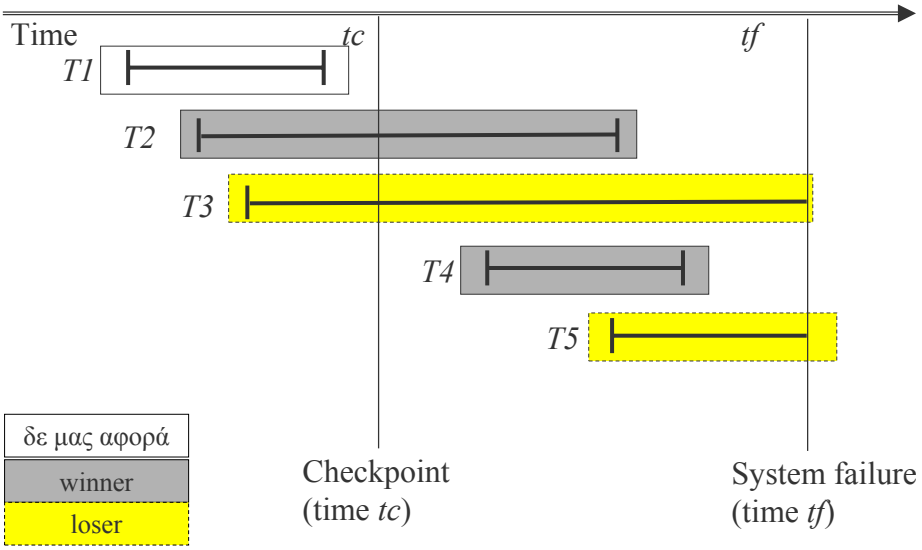
- Διαβάζουμε το log από το τελευταίο CHK ως το τέλος
- Ανακαλύπτουμε
  - **νικητές (winners)**, ήτοι, δοσοληψίες που πρόλαβαν και έκαναν commit μέσα σε αυτό το διάστημα
  - **ηττημένους (losers)**, ήτοι δοσοληψίες που είτε δεν πρόλαβαν να κάνουν commit, είτε οι χρήστες τους τις έκαναν abort
- Εντοπίζουμε τις dirty pages τη στιγμή της αποτυχίας (βλ. στη συνέχεια)

Winners & losers



Source: An Introduction to Database Systems, C.J. Date, p. 381

Winners & losers



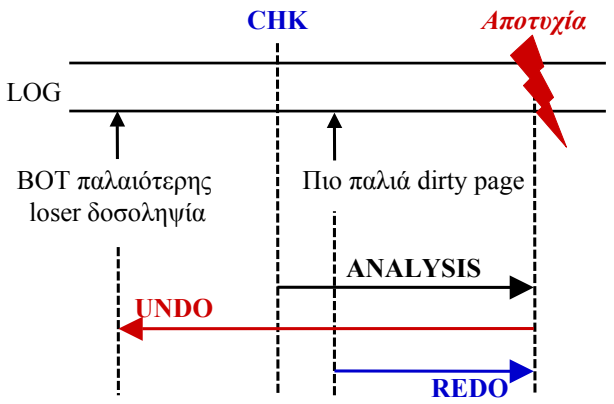
Φάση UNDO

- **UNDO losers!**
- Διαβάζουμε ανάποδα το log, από το τέλος προς την αρχή
- Κάθε πράξη που ανήκει σε δοσοληψία loser γίνεται UNDO
- Προσοχή: μπορεί μια loser να έχει ξεκινήσει πριν το checkpoint!

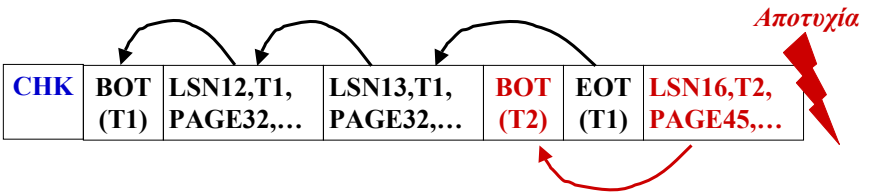
Φάση REDO

- **REDO winners!**
- Διαβάζουμε κανονικά το log, από το σημείο που κάναμε update την πιο παλιά buffer page ως το τέλος
- Κάθε πράξη που ανήκει σε δοσοληψία winner γίνεται REDO

Ανάνηψη αν έχουμε WAL



Εδώ τι θα κάναμε ;



Πώς εντοπίζω τις dirty pages;

- Έστω ότι σε κάθε σελίδα κρατάω ένα πεδίο **pageLSN** που καταγράφει το LSN της τελευταίας ενέργειας που έκανε update κάποιο record στη σελίδα
- Πώς μπορώ να βρω τις dirty pages όταν ανανήψει το σύστημα;
- Τι θα άλλαζε αν δεν κρατούσα αυτή την πληροφορία;

Ερωτήσεις κρίσεως ...

- Πώς μπορώ να προφυλαχθώ από αποτυχίες του υλικού [με βάση όλα τα προηγούμενα];
- Τι θα κέρδιζα/έχανα/άλλαζε αν πέρναγα τα updates στο δίσκο, μόνο στο commit [και όχι πιο πριν] ;
- Τι θα κέρδιζα/έχανα/άλλαζε αν έκανα υποχρεωτικώς flush τις dirty pages στο commit ;

Ερωτήσεις κρίσεως

- Τι θα γίνει αν κατά τη διάρκεια της ανάνηψης το σύστημα αποτύχει ξανά;
- Τι θα άλλαζε αν αντί για `[παλιά τιμή,νέα τιμή]` στο log record έγραφα `[παλιά τιμή,διαφορά]`;
- Έχει σημασία η σειρά των UNDO και REDO; Μέσα σε κάθε μια από αυτές τις φάσεις, έχει σημασία η σειρά;