

Βάσεις Δεδομένων (Databases)

Αναζητώντας τη συνέπεια...

Τραπεζικές συναλλαγές: από το ταχυδρομείο, online...

- Μέχρι τις αρχές του 20^{ου} αιώνα οι λογαριασμοί τηλεφώνου, ηλεκτρικού, πιστωτικών καρτών πληρώνονταν με τον εξής τρόπο: συμπληρώνόταν ειδικό χαρτί με κάποιους αριθμούς, υπογραφόταν, τοποθετούταν σε ειδικό φάκελο και ταχυδρομούταν
- Από τότε έχουν αναπτυχθεί **online συστήματα πληρωμής λογαριασμών και τραπεζικών συναλλαγών** που απλούστευσαν σημαντικά την παραπάνω διαδικασία
- Ποιες τεχνολογίες έκαναν δυνατό κάτι τέτοιο;
 - Η έλευση του **internet** χωρίς το οποίο δεν θα ήταν δυνατή κανενός είδους online επικοινωνία
 - Η **κρυπτογράφηση δημοσίου κλειδιού** χωρίς την οποία ευαίσθητες οικονομικές πληροφορίες δεν θα μπορούσαν να μεταδοθούν με ασφάλεια μέσω του internet
 - Οι **βάσεις δεδομένων**, μια τεχνολογία που είναι ουσιώδης για την πραγματοποίηση online συναλλαγών αφού όσο κι αν δεν το αντιλαμβανόμαστε όλες οι online συναλλαγές μας γίνονται μέσω περίπλοκων βάσεων δεδομένων που άρχισαν να αναπτύσσονται από τη δεκαετία του 1970

Τραπεζικές συναλλαγές: από το ταχυδρομείο, online...

- Οι **βάσεις δεδομένων** αντιμετωπίζουν επιτυχώς δύο σημαντικά ζητήματα στην επεξεργασία συναλλαγών: την **αποδοτικότητα** και την **αξιοπιστία**
 - Οι βάσεις δεδομένων παρέχουν **αποδοτικότητα** μέσω αλγορίθμων που επιτρέπουν σε **χιλιάδες πελάτες** να πραγματοποιούν **ταυτόχρονα συναλλαγές** χωρίς «μπερδέματα» και ασυνέπειες
 - Οι βάσεις δεδομένων παρέχουν **αξιοπιστία** μέσω αλγορίθμων που επιτρέπουν στα **δεδομένα** να παραμένουν **τακτοποιημένα παρά την πιθανή δυσλειτουργία** τμημάτων των υπολογιστών όπως σκληροί δίσκοι που συνήθως θα οδηγούσαν σε μεγάλες και σημαντικές απώλειες δεδομένων
- Οι **online τραπεζικές συναλλαγές** είναι το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής που απαιτεί
 - εξαιρετική αποδοτικότητα ώστε να εξυπηρετούνται πολλοί πελάτες ταυτόχρονα χωρίς σφάλματα ή ασυνέπειες και
 - τέλεια αξιοπιστία

Βάσεις δεδομένων και τι θα μελετήσουμε

- Θα μελετήσουμε 3 θεμελιώδεις και όμορφες ιδέες μέσω των οποίων οι βάσεις δεδομένων κυριάρχησαν στην αποθήκευση συγκεκριμένων τύπων σημαντικής πληροφορίας:
 - write-ahead logging ή τέχνασμα “λίστας εργασιών” (“to-do list”)
 - two-phase commit ή τέχνασμα “προετοιμασία και μετά δέσμευση” (“prepare-then-commit”)
 - σχεσιακές βάσεις δεδομένων (relational databases) και τέχνασμα του “ιδεατού πίνακα” (“virtual table”)
- Βάση δεδομένων: τρόπος (δομή) αποθήκευσης όπου η πληροφορία έχει προκαθορισμένη **δομή**

Βάσεις δεδομένων: δομή

Για να καταλάβουμε τι θα πει «δομή» ας παρατηρήσουμε τι συμβαίνει όταν δεν υπάρχει:

- Η Rosina είναι 35 ετών και είναι φίλη με το Matt που είναι 26 ετών. Ο Jingyi είναι 37 ετών και ο Sudeep 31 ετών. Οι Matt, ο Jingyi και ο Sudeep είναι όλοι φίλοι μεταξύ τους.
- Τέτοιου είδους πληροφορία θα χρειαζόταν για τα μέλη του ένα κοινωνικό δίκτυο όπως το Facebook ή το MySpace η οποία όμως δεν θα αποθηκευόταν με αυτόν τον αδόμητο τρόπο... αλλά ως εξής:

name	age	friends
Rosina	35	Matt
Jingyi	37	Matt, Sudeep
Matt	26	Rosina, Jingyi, Sudeep
Sudeep	31	Jingyi, Matt

- Θα χρησιμοποιούταν μια δομή αποθήκευσης πληροφορίας που λέγεται **πίνακας** και διαθέτει **γραμμές** και **στήλες**
 - Κάθε γραμμή του πίνακα περιέχει πληροφορία για ένα πράγμα - στην περίπτωσή μας, για ένα άτομο
 - Κάθε στήλη του πίνακα περιέχει συγκεκριμένο τύπο πληροφορίας όπως π.χ., την ηλικία ή το όνομα του ατόμου
- Μια βάση δεδομένων αποτελείται συνήθως από πολλούς πίνακες
- Ένας υπολογιστής διαθέτει σαφώς μεγαλύτερη δυνατότητα επεξεργασίας δεδομένων σε δομημένη μορφή όπως ένας πίνακας από έναν άνθρωπο αφού δεν μπορεί να κατανοήσει την ίδια πληροφορία όταν είναι σε μη δομημένη μορφή (π.χ., σαν κείμενο)

Βάσεις δεδομένων: συνέπεια

- **Συνέπεια:** η πληροφορία που είναι αποθηκευμένη σε μια βάση δεδομένων **δεν πρέπει να αναιρεί τον εαυτό της**
- Αν σε μια βάση δεδομένων υπάρχει πληροφορία που αυτό-αναιρείται τότε υπάρχει ασυνέπεια (inconsistency)

Πώς δημιουργείται ασυνέπεια;

- Φανταστείτε οι 2 πρώτες γραμμές του πίνακα να άλλαζαν ως εξής:

name	age	friends
Rosina	35	Matt, Jingyi
Jingyi	37	Matt, Sudeep

- Σύμφωνα με την 1^η γραμμή, η Rosina είναι φίλη με τον Jingyi, αλλά σύμφωνα με τη 2^η γραμμή ο Jingyi δεν είναι φίλος με τη Rosina
 - Αυτό παραβιάζει τη βασική έννοια της φιλίας: δύο άνθρωποι είναι ταυτόχρονα αμοιβαία φίλοι...

Βάσεις δεδομένων: συνέπεια

Περισσότερο προβληματικό παράδειγμα ασυνέπειας:

- Στο προηγούμενο παράδειγμα, αντικαταστήστε την έννοια της *φιλίας* με την έννοια του *γάμου*:
 - Ο A θα φαινόταν παντρεμένος με τον B αλλά ο B θα φαινόταν παντρεμένος με τον C (☺ κατάσταση που είναι παράνομη σε πολλές χώρες... ☺)
- Τέτοιες περιπτώσεις ασυνέπειας πρέπει να αποφεύγονται όταν εισάγονται νέα δεδομένα σε μια βάση δεδομένων
- Οπότε, επειδή οι υπολογιστές είναι πολύ καλοί στο να ακολουθούν κανόνες, είναι εύκολο να ορίσουμε τον ακόλουθο **κανόνα** σε μια βάση δεδομένων:
 - “Αν ο A δηλώνεται παντρεμένος με τον B, τότε πρέπει και ο B να δηλώνεται παντρεμένος με τον A”
- Αν προσπαθήσουμε να εισάγουμε μια νέα γραμμή στον πίνακα που παραβιάζει αυτόν τον κανόνα θα λάβουμε μήνυμα λάθους και η είσοδος δεν θα καταχωρηθεί
- Φυσικά υπάρχουν και **πιο περίπλοκοι τύποι ασυνέπειας**...

Δοσοληψίες και το τέχνασμα τήρησης “λίστας εργασιών” (“to-do list”)

- Οι δοσοληψίες είναι μάλλον η πιο σημαντική ιδέα στις βάσεις δεδομένων
- ΓΙΑΤΙ;
 - Τα προγράμματα αποτυγχάνουν να εκτελεστούν και όταν συμβαίνει αυτό ξεχνάνε αυτό που έκαναν – διατηρείται μόνο πληροφορία που ήταν αποθηκευμένη στο σύστημα αρχείων του υπολογιστή
 - Τα αποθηκευτικά μέσα του υπολογιστή όπως ο σκληρός δίσκος ή τα flash memory sticks **μπορούν να αποθηκεύσουν στιγμιαία μικρό ποσό δεδομένων συνήθως γύρω στους 500 χαρακτήρες** (δηλ., περίπου το μέγεθος ενός τομέα του σκληρού δίσκου που συνήθως είναι 512 bytes) - αν έχουμε flash memory το σχετικό μέγεθος γίνεται μερικές εκατοντάδες Kbytes
- Ως χρήστες δεν αντιλαμβανόμαστε αυτό το μικρό ποσό δεδομένων που αποθηκεύονται στιγμιαία σε κάποιο μέσο αφού τα σύγχρονα μέσα είναι συνήθως πολύ γρήγορα (εκτελούν εκατοντάδες χιλιάδες εγγραφές 500 χαρακτήρων το δευτερόλεπτο)
- Πάντως, τα περιεχόμενα ενός δίσκου αλλάζουν κατά μερικές εκατοντάδες χαρακτήρες κάθε φορά ⇒ **συνήθως κάθε υπολογιστής μπορεί να τροποποιήσει μόνο μία γραμμή μιας βάσης δεδομένων κάθε φορά** (αυτό δεν ισχύει για το προηγούμενο παράδειγμα με έναν μικρό πίνακα με το πολύ 200 χαρακτήρες, αλλά σε συνηθισμένες βάσεις δεδομένων η τροποποίηση 2 γραμμών απαιτεί 2 διαφορετικές αλληλεπιδράσεις με το σκληρό δίσκο)

Δοσοληψίες και το τέχνασμα τήρησης “λίστας εργασιών” (“to-do list”)

- Πολλές απλές αλλαγές σε μια βάση δεδομένων απαιτούν τροποποίηση 2 ή περισσότερων γραμμών σε κάποιον(ους) πίνακα(ες)
- Αλλά τροποποίηση 2 ή περισσότερων γραμμών δεν μπορεί να γίνει με απλή αλληλεπίδραση με το δίσκο – απαιτούνται 2 ή περισσότερες αλληλεπιδράσεις
- Ο υπολογιστής μπορεί να αποτύχει οποιαδήποτε στιγμή, **οπότε τι γίνεται αν αποτύχει μεταξύ 2 τέτοιων αλληλεπιδράσεων;**
- Μπορεί να επανεκκινήσει (reboot) αλλά θα έχει ξεχάσει κάθε λειτουργία που σκόπευε να εκτελέσει \Rightarrow κάποιες αναγκαίες αλλαγές δεν έγιναν ποτέ \Rightarrow η βάση δεδομένων θα μείνει σε κατάσταση ασυνέπειας

Δοσοληψίες και το τέχνασμα τήρησης “λίστας εργασιών” (“to-do list”)

- **Παράδειγμα 1:** Ας υποθέσουμε ότι έχουμε την παρακάτω βάση δεδομένων που περιέχει 3 άτομα χωρίς φίλους:

name	friends
Rosina	none
Jingyi	none
Matt	none

- Ας υποθέσουμε ότι η Rosina και ο Jingyi γίνονται φίλοι και θέλουμε να ενημερώσουμε σχετικά τη βάση δεδομένων
 - Η ενημέρωση απαιτεί αλλαγές στην 1^η και στη 2^η γραμμή του πίνακα και αυτό απαιτεί 2 αλληλεπιδράσεις με το δίσκο
 - Ας υποθέσουμε ότι η γραμμή 1 ενημερώνεται πρώτη
 - Ο υπολογιστής δεν προλαβαίνει να ενημερώσει τη γραμμή 2, οπότε η βάση δεδομένων θα έχει τη μορφή:

name	friends
Rosina	Jingyi
Jingyi	none
Matt	none

Δοσοληψίες και το τέχνασμα τήρησης “λίστας εργασιών” (“to-do list”)

- Το πρόγραμμα της βάσης δεδομένων πρέπει να ενημερώσει τη γραμμή 2
- Τι γίνεται αν ο υπολογιστής αποτύχει (crash) πριν προλάβει να εκτελέσει αυτή την αλλαγή;
- Όταν ο υπολογιστής επανεκκινήσει δεν θα θυμάται ότι πρέπει να ενημερώσει τη γραμμή 2 \Rightarrow Η βάση δεδομένων θα μείνει όπως ήταν πριν: η Rosina είναι φίλη με το Jingyi, αλλά ο Jingyi δεν είναι φίλος με τη Rosina \Rightarrow **ΑΣΥΝΕΠΕΙΑ** στη βάση δεδομένων
- Τέτοιου είδους ασυνέπειες δεν είναι σοβαρές και υπάρχουν **ειδικά εργαλεία που κάνουν αυτοματοποιημένους ελέγχους**, εντοπίζουν και διορθώνουν τέτοιου είδους ασυνέπειες (τέτοιου είδους διορθώσεις κάνουν από μόνα τους και τα λειτουργικά συστήματα μετά από ξαφνική επανεκκίνηση του υπολογιστή εμφανίζοντας μηνύματα της μορφής **checking file system for inconsistencies**)
- Αλλά οι ασυνέπειες δεν είναι πάντα τόσο μικρής σημασίας ώστε να μπορούν να διορθωθούν αυτόματα από κάποιο εργαλείο...

Δοσοληψίες και το τέχνασμα τήρησης “λίστας εργασιών” (“to-do list”)

- **Παράδειγμα 2:** μεταφορά χρημάτων μεταξύ τραπεζικών μας λογαριασμών – δείτε μια απλή βάση:
- Υποθέτουμε ότι η Zadie ζήτησε να μεταφερθούν \$200 από το λογαριασμό μισθοδοσίας στο λογαριασμό ταμιευτηρίου
- Αυτό απαιτεί αλλαγή 2 γραμμών \Rightarrow απαιτεί 2 αλληλεπιδράσεις με το δίσκο
 - το υπόλοιπο του λογαριασμού μισθοδοσίας της Zadie θα μειωθεί σε \$600, και μετά το υπόλοιπο του λογαριασμού ταμιευτηρίου της θα αυξηθεί σε \$500
 - Αν μεταξύ των δύο αυτών ενεργειών ο υπολογιστής αποτύχει, η βάση θα είναι:

account name	account type	account balance
Zadie	checking	\$800
Zadie	savings	\$300
Pedro	checking	\$150

account name	account type	account balance
Zadie	checking	\$600
Zadie	savings	\$300
Pedro	checking	\$150

Δοσοληψίες και το τέχνασμα τήρησης “λίστας εργασιών” (“to-do list”)

- ΠΡΟΒΛΗΜΑ: πριν τη δυσλειτουργία του υπολογιστή η Zadie είχε υπόλοιπο \$1100 στους λογαριασμούς της και τώρα έχει μόνο \$900: με κάποιον τρόπο \$200 εξαφανίστηκαν
- Δεν υπάρχει τρόπος να εντοπιστεί το πρόβλημα αυτό αφού η βάση φαίνεται συνεπής μετά την αποτυχία του υπολογιστή αλλά είναι ασυνεπής σε σχέση με την κατάστασή της πριν τη δυσλειτουργία του υπολογιστή
- Ο μόνος τρόπος να εντοπιστεί αυτή η δυσλειτουργία είναι να **συγκρίνουμε την κατάσταση τη βάσης δεδομένων σε διαφορετικά χρονικά σημεία**
 - Πριν ξεκινήσει τη συναλλαγή, η Zadie είχε \$1100
 - Μετά τη δυσλειτουργία του υπολογιστή είχε \$900
 - Στην περίοδο που μεσολάβησε δεν απέσυρε χρήματα
- Αυτά τα 3 δεδομένα μαζί δεν βγάζουν νόημα δηλ., δηλώνουν ασυνέπεια που όμως δεν μπορεί να εντοπιστεί με έλεγχο της βάσης δεδομένων σε κάποια χρονική στιγμή...

Δοσοληψίες και το τέχνασμα τήρησης “λίστας εργασιών” (“to-do list”)

- Για να αποφευχθούν και οι δύο αυτοί τύποι ασυνέπειας εισήχθη η έννοια της “δοσοληψίας” (“transaction”), δηλ., ενός συνόλου αλλαγών σε μια βάση δεδομένων που πρέπει όλες να πραγματοποιηθούν για να παραμείνει η βάση δεδομένων συνεπής
 - Αν πραγματοποιηθούν κάποιες αλλά όχι όλες οι αλλαγές σε μια δοσοληψία τότε η βάση δεδομένων θα μείνει ασυνεπής
- Ένας προγραμματιστής μπορεί να εκτελέσει μια εντολή “έναρξη δοσοληψίας”, να εκτελέσει μια σειρά ανεξάρτητων αλλαγών σε μια βάση δεδομένων και να ολοκληρώσει τη διαδικασία με μια εντολή “λήξη δοσοληψίας”
- Τότε η βάση δεδομένων εγγυάται ότι όλες οι αλλαγές θα πραγματοποιηθούν ακόμα κι αν ο υπολογιστής στον οποίο «τρέχει» η βάση δεδομένων αποτύχει και επανεκκινήσει στη μέση της συναλλαγής
 - Βέβαια, για να είμαστε ακριβείς, υπάρχει το ενδεχόμενο μετά από αποτυχία και επανεκκίνηση του υπολογιστή η βάση δεδομένων να επανέλθει στην κατάσταση που ήταν πριν καν ξεκινήσει η συναλλαγή
 - Αν συμβεί αυτό, θα εμφανιστεί μήνυμα ότι η δοσοληψία απέτυχε και πρέπει να υποβληθεί εκ νέου

Δοσοληψίες και το τέχνασμα τήρησης “λίστας εργασιών” (“to-do list”)

- Μήπως ασχολούμαστε υπερβολικά με το ενδεχόμενο αποτυχίας του υπολογιστή δεδομένου ότι τα σύγχρονα λειτουργικά συστήματα εκτελούν σύγχρονα προγράμματα που δύσκολα αποτυγχάνουν;
- Η έννοια της αποτυχίας του υπολογιστή αναφέρεται σε κάθε πιθανό περιστατικό που μπορεί να την προκαλέσει και κατά συνέπεια να προκαλέσει απώλεια δεδομένων όπως απώλεια παροχής ρεύματος, καταστροφή δίσκου, άλλες δυσλειτουργίες υλικού και προβλήματα στο λειτουργικό σύστημα ή σε εφαρμογές
- **Ακόμα κι αν αυτοί οι τύποι δυσλειτουργιών είναι σπάνιοι κάποιες βάσεις δεδομένων δεν μπορούν να ρισκάρουν:** τράπεζες, ασφαλιστικές εταιρείες και οργανισμοί των οποίων τα δεδομένα αναπαριστούν χρήματα και δεν μπορούν να επιτρέπουν ασυνέπεια στα αρχεία τους υπό οποιεσδήποτε συνθήκες
- Η λύση με την έννοια της δοσοληψίας (έναρξη δοσοληψίας, εκτέλεση απαραίτητων λειτουργιών, λήξη δοσοληψίας) μπορεί να επιτευχθεί με το τέχνασμα της **“λίστας εργασιών” (“to-do list”)**

Λίστα εργασιών (To-Do List)

- Το να σημειώνουμε τις δουλειές που έχουμε να κάνουμε σε μία λίστα ιδιαίτερα αν ξεχνιόμαστε (δυσλειτουργούμε) κατά τη διάρκεια της μέρας είναι μια πολύ καλή προσέγγιση
 - Αν ξεχάσουμε κάποιες δουλειές για οποιοδήποτε λόγο ρίχνοντας μια ματιά στη λίστα θα τις θυμηθούμε
- Οι δοσοληψίες στις βάσεις δεδομένων επιτυγχάνονται με χρήση **μιας ειδικής λίστας εργασιών που καλείται “writeahead logging”**
 - Η βασική ιδέα είναι η διατήρηση αρχείου (log) ενεργειών που σκοπεύει να εκτελέσει η βάση δεδομένων
 - Το αρχείο αυτό αποθηκεύεται σε κάποιο αποθηκευτικό μέσο οπότε διατηρείται μετά από δυσλειτουργίες/επανεκκινήσεις του υπολογιστή
 - Πριν εκτελεστεί οποιαδήποτε ενέργεια μιας δοσοληψίας καταγράφεται σε αυτό το αρχείο και αποθηκεύεται σε κάποιο αποθηκευτικό μέσο
 - Αν η δοσοληψία διεξαχθεί επιτυχώς η λίστα εργασιών μπορεί να διαγραφεί από το αρχείο

Λίστα εργασιών (To-Do List)

- Οπότε η μεταφορά χρημάτων της Zadie θα γινόταν σε δύο βήματα:
 - Ο πίνακας της βάσης δεδομένων μένει ανέπαφος και η **λίστα εργασιών της συναλλαγής καταγράφεται σε ένα αρχείο**:

account name	account type	account balance
Zadie	checking	\$800
Zadie	savings	\$300
Pedro	checking	\$150

Write-ahead log
1. Begin transfer transaction
2. Change Zadie checking from \$800 to \$600
3. Change Zadie savings from \$300 to \$500
4. End transfer transaction

- Αφού βεβαιωθούμε ότι το περιεχόμενο του αρχείου έχει αποθηκευθεί σε κάποιο αποθηκευτικό μέσο **εκτελούμε τις αλλαγές στον πίνακα** και υποθέτοντας ότι οι αλλαγές έχουν αποθηκευθεί μπορούμε να διαγράψουμε τις εργασίες από το αρχείο:

account name	account type	account balance
Zadie	checking	\$600
Zadie	savings	\$500
Pedro	checking	\$150

Write-ahead log
1. Begin transfer transaction
2. Change Zadie checking from \$800 to \$600
3. Change Zadie savings from \$300 to \$500
4. End transfer transaction

Λίστα εργασιών (To-Do List)

- Τι γίνεται αν ο υπολογιστής δυσλειτουργήσει ξαφνικά στη μέση μιας δοσοληψίας;
- Υποθέτουμε ότι η δυσλειτουργία συμβαίνει αφού χρεωθεί ο λογαριασμός μισθοδοσίας της Zadie αλλά πριν πιστωθεί ο λογαριασμός ταμιευτηρίου της
- Ο υπολογιστής ξαναξεκινάει όπως και η βάση δεδομένων **βρίσκοντας την εξής πληροφορία στο σκληρό δίσκο**

account name	account type	account balance
Zadie	checking	\$600
Zadie	savings	\$300
Pedro	checking	\$150

Write-ahead log
1. Begin transfer transaction
2. Change Zadie checking from \$800 to \$600
3. Change Zadie savings from \$300 to \$500
4. End transfer transaction

- Τώρα ο υπολογιστής μπορεί να καταλάβει αν ήταν στη μέση κάποιας δοσοληψίας όταν δυσλειτουργήσει γιατί το αρχείο περιέχει κάποια πληροφορία
- ΑΛΛΑ υπάρχουν 4 προγραμματισμένες ενέργειες στο αρχείο – πώς μπορεί να γνωρίζει ο υπολογιστής ποιες έγιναν και ποιες όχι ακόμα;
- ΑΠΑΝΤΗΣΗ: **δεν πειράζει που δεν γνωρίζει! Κάθε ενέργεια στο αρχείο επιφέρει το ίδιο αποτέλεσμα ανεξάρτητα από το πόσες φορές θα πραγματοποιηθεί...**

Ατομικές (ή ολομερείς) δοσοληψίες

- Από την πλευρά του χρήστη της βάσης δεδομένων **κάθε συναλλαγή είναι ατομική (ή ολομερής)**, δηλ., δεν μπορεί να διαιρεθεί περαιτέρω σε μικρότερες λειτουργίες
 - \Rightarrow είτε θα πραγματοποιηθεί ολόκληρη η δοσοληψία είτε η βάση δεδομένων θα παραμείνει στην κατάσταση που ήταν πριν καν ξεκινήσει η δοσοληψία
- \Rightarrow Η τήρηση λίστας εργασιών δίνει **ατομικές (ή ολομερείς) δοσοληψίες που εγγυώνται συνέπεια**
- \Rightarrow Αποδοτική και πλήρως αξιόπιστη βάση δεδομένων για online τραπεζικές συναλλαγές αφού το τέχνασμα της τήρησης λίστας εργασιών σε συνδυασμό με τεχνικές κλειδώματος εγγυάται συνέπεια ακόμα κι όταν χιλιάδες πελάτες προσπελούν ταυτόχρονα τη βάση δεδομένων
- ΌΜΩΣ το τέχνασμα της τήρησης **λίστας εργασιών** αποτρέπει την **παραποίηση** δεδομένων αλλά **δεν μηδενίζει** την πιθανότητα **απώλειας δεδομένων...**
- Προς αυτή την κατεύθυνση συνεισφέρει σημαντικά το επόμενο τέχνασμα που καλείται **“προετοιμασία και μετά δέσμευση”** (“prepare-then-commit”)

Προετοιμασία και μετά Δέσμευση σε βάσεις δεδομένων με πολλαπλά αντίγραφα

- Πολλές φορές **πολλαπλά αντίγραφα** μιας βάσης δεδομένων αποθηκεύονται σε **διαφορετικά μέρη**
- Οι **δοσοληψίες** σε βάσεις δεδομένων πολλές φορές πρέπει να **ακυρωθούν** (η ενέργεια αυτή καλείται “**rolling back**”)

Βάσεις δεδομένων με πολλαπλά αντίγραφα (ή ομοιοτυπημένες)

- Η **τήρηση της λίστας εργασιών** επιτρέπει σε μια βάση δεδομένων να επανέλθει μετά από συγκεκριμένους τύπους δυσλειτουργιών είτε με την **ολοκλήρωση** είτε με την **ακύρωση** **δοσοληψιών** που ήταν σε εξέλιξη όταν έγινε η δυσλειτουργία με την προϋπόθεση ότι όλα τα δεδομένα είχαν αποθηκευθεί πριν συμβεί η δυσλειτουργία
- Τι γίνεται αν **καταστραφεί ο σκληρός δίσκος** του υπολογιστή ή αν υπάρχει **πρόβλημα στο λογισμικό της βάσης δεδομένων** ή του **λειτουργικού συστήματος** και κάποια ή όλα τα **δεδομένα χαθούν**;
 - Τα προβλήματα αυτά μπορούν να προκαλέσουν την τροποποίηση (διαγραφή ή αντικατάσταση με σκουπίδια) δεδομένων που θεωρούσαμε ασφαλώς αποθηκευμένα στο σκληρό δίσκο
 - Τότε η τήρηση λίστας εργασιών δεν μπορεί να βοηθήσει...

Βάσεις δεδομένων με πολλαπλά αντίγραφα (ή ομοιοτυπημένες)

- Σε μερικές περιπτώσεις και η παραμικρή απώλεια δεδομένων δεν αποτελεί επιλογή
 - Αν η τράπεζα χάσει τις πληροφορίες του λογαριασμού μας εμείς θα εκνευριστούμε αφάνταστα και η τράπεζα θα αντιμετωπίσει σημαντικές νομικές και οικονομικές συνέπειες
 - Παραπλήσιες συνέπειες θα έχει και μια χρηματιστηριακή εταιρεία που εκτελεί εντολές πελατών της αν χάσει τις λεπτομέρειες των πωλήσεων
 - Όπως και εταιρείες που εκτελούν πωλήσεις online (όπως η eBay, η Amazon κ.ά.) αν χάσουν τις πληροφορίες των πελατών τους
- Όμως σε **κέντρα αποθήκευσης δεδομένων** με χιλιάδες υπολογιστές πολλά συστατικά (ιδιαίτερα σκληροί δίσκοι) παρουσιάζουν **βλάβες καθημερινά** ⇒ τα δεδομένα αυτών των συστατικών χάνονται
- Τότε, πώς είναι δυνατόν να φυλάσσονται **ασφαλή τα δεδομένα** μας;
- Η προφανής και πιο συχνά χρησιμοποιούμενη λύση είναι η διατήρηση **2 ή περισσότερων αντιγράφων (replicas)** κάθε βάσης δεδομένων – όλα μαζί συνιστούν μια βάση δεδομένων με πολλά αντίγραφα ή ομοιοτυπημένη (**replicated database**)
 - Τα αντίγραφα αυτά είναι συνήθως **γεωγραφικά διασπαρμένα** (σε κέντρα δεδομένων που απέχουν πολλά χιλιόμετρα το ένα από το άλλο) έτσι ώστε ακόμα κι αν ένα αντίγραφο καταστραφεί λόγω π.χ., φυσικών καταστροφών, κάποιο άλλο αντίγραφο να είναι διαθέσιμο

Βάσεις δεδομένων με πολλαπλά αντίγραφα (ή ομοιοτυπημένες)

- Τα αντίγραφα ασφαλείας (backups) είναι διαφορετικά από τις βάσεις δεδομένων με πολλαπλά αντίγραφα (replicated databases)
- Το **αντίγραφο ασφαλείας (backup)** είναι είτε ένα στιγμιότυπο κάποιων δεδομένων που λαμβάνεται καθώς εκτελούμε το αντίστοιχο πρόγραμμα δημιουργίας αντιγράφου ασφαλείας είτε ένα στιγμιότυπο κάποιων δεδομένων που αυτόματα λαμβάνεται από κάποιο σχετικό πρόγραμμα σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα \Rightarrow ένα αντίγραφο ασφαλείας είναι ένα **ακριβές αντίγραφο κάποιων αρχείων ή μιας βάσης δεδομένων** \Rightarrow **δεν είναι απαραίτητα ενημερωμένο** ώστε να περιέχει την πιο πρόσφατη έκδοση των δεδομένων
 - Αν γίνουν αλλαγές στα δεδομένα αφού ληφθεί το αντίγραφο ασφαλείας, οι αλλαγές αυτές δεν θα αποθηκευθούν κάπου
 - Αντίθετα, **σε μια βάση δεδομένων με πολλαπλά αντίγραφα όλα τα αντίγραφα φυλάσσονται συγχρονισμένα**: κάθε φορά που πραγματοποιείται η ελάχιστη αλλαγή στη βάση δεδομένων όλα τα αντίγραφα πρέπει να εκτελέσουν την ίδια αλλαγή αμέσως

Βάσεις δεδομένων με πολλαπλά αντίγραφα (ή ομοιοτυπημένες)

- Η διατήρηση πολλών αντιγράφων είναι μια πολύ καλή λύση για την αποφυγή απώλειας δεδομένων
- ΟΜΩΣ: τι γίνεται αν ένα από τα αντίγραφα τελικά καταλήξει να περιέχει δεδομένα που διαφέρουν από αυτά κάποιου άλλου αντιγράφου;
 - Σημειώστε ότι όταν υπάρχει τέτοιου είδους ασυνέπεια είναι δύσκολο έως αδύνατο να καθοριστεί ποιο αντίγραφο περιέχει τη σωστή έκδοση των δεδομένων...

Αναίρεση δοσοληψιών

- Οι **δοσοληψίες** – αν και είναι σύνολο ενεργειών στη βάση δεδομένων και πρέπει να γίνουν όλες για να παραμείνει η βάση δεδομένων συνεπής – **μερικές φορές δεν είναι δυνατόν να ολοκληρωθούν**
 - Φανταστείτε ότι μια δοσοληψία απαιτεί εισαγωγή μεγάλου ποσού δεδομένων στη βάση και ο **διαθέσιμος χώρος στο δίσκο του υπολογιστή εξαντλείται** στο μέσο της δοσοληψίας...
 - Φανταστείτε ότι μια δοσοληψία δεν ολοκληρώνεται λόγω **κλειδώματος (locking)**:
 - Σε μια βάση δεδομένων συνήθως εκτελούνται πολλές συναλλαγές ταυτόχρονα (π.χ., πολλοί πελάτες μιας τράπεζας μπορούν να μεταφέρουν χρήματα μεταξύ των λογαριασμών τους ταυτόχρονα)
 - Οπότε απαιτείται κάποιο τμήμα της βάσης δεδομένων να παραμένει “παγωμένο” κατά τη διάρκεια μιας δοσοληψίας

Αναίρεση δοσοληψιών

- **Παράδειγμα:** αν μια δοσοληψία A ενημερώνει μια είσοδο για να καταγράψει ότι η Rosina είναι πλέον φίλη με το Jingyi, θα ήταν καταστροφικό μια άλλη δοσοληψία B που εκτελείται ταυτόχρονα να προσπαθεί να διαγράψει τον Jingyi εντελώς από τη βάση δεδομένων
- Οπότε η δοσοληψία A “**κλειδώνει**” το τμήμα της βάσης δεδομένων που περιέχει πληροφορία για τον Jingyi \Rightarrow **τα δεδομένα “παγώνουν” και καμμία άλλη δοσοληψία δεν μπορεί να τα μεταβάλλει**
 - Στις περισσότερες βάσεις δεδομένων μία δοσοληψία μπορεί να κλειδώσει ανεξάρτητες **γραμμές ή στήλες ή και ολόκληρους πίνακες**
 - **Μόνο μία δοσοληψία** μπορεί να κλειδώσει συγκεκριμένο τμήμα της βάσης δεδομένων σε **κάθε χρονική στιγμή**
 - Μόλις ολοκληρωθεί επιτυχώς η δοσοληψία “**ξεκλειδώνει**” τα δεδομένα που είχε κλειδώσει και από το σημείο αυτό και μετά άλλες δοσοληψίες μπορούν να τροποποιήσουν τα δεδομένα που είχαν κλειδωθεί
- **ΠΙΘΑΝΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ:** **δημιουργία αδιεξόδου (deadlock)**

Αναίρεση δοσοληψιών: δημιουργία αδιεξόδου (deadlock)

- Φαναστείτε ότι δυο δοσοληψίες A και B που διαρκούν πολύ εκτελούνται ταυτόχρονα
- Αρχικά καμμία από τις γραμμές της βάσης δεδομένων δεν είναι κλειδωμένη
- Αργότερα, η δοσοληψία A κλειδώνει τη γραμμή που περιέχει πληροφορία για τη Marie και η δοσοληψία B κλειδώνει τη γραμμή που περιέχει πληροφορία για τον Pedro
- Η δοσοληψία A διαπιστώνει ότι πρέπει να κλειδώσει τη γραμμή για τον Pedro και η δοσοληψία B διαπιστώνει ότι πρέπει να κλειδώσει τη γραμμή που περιέχει πληροφορία για τη Marie
- ΟΜΩΣ: μόνο ΜΙΑ δοσοληψία μπορεί να κλειδώσει μία γραμμή σε κάθε χρονική στιγμή... ⇒
 - Η δοσοληψία A πρέπει να περιμένει τη δοσοληψία B να τερματίσει ΑΛΛΑ η B δεν μπορεί να τερματίσει πριν κλειδώσει τη γραμμή για τη Marie η οποία είναι κλειδωμένη από τη συναλλαγή A ⇒
 - Η δοσοληψία B πρέπει να περιμένει τη δοσοληψία A να τερματίσει ⇒
 - Οι δοσοληψίες A και B έχουν περιέλθει σε αδιέξοδο αφού κάθε μία για να τερματίσει πρέπει να περιμένει την άλλη να τερματίσει ⇒ Θα κολλήσουν και οι δύο και καμμία δεν θα ολοκληρωθεί

Αναίρεση δοσοληψιών

Name	Age	Email
⋮	⋮	⋮
Marie	21	mb@abc.edu
⋮	⋮	⋮
Pedro	47	pedro@xyz.org

η δοσοληψία A κλειδώνει τη γραμμή που περιέχει πληροφορία για τη Marie και η δοσοληψία B κλειδώνει τη γραμμή που περιέχει πληροφορία για τον Pedro

Name	Age	Email
⋮	⋮	⋮
Marie	21	mb@abc.edu
⋮	⋮	⋮
Pedro	47	pedro@xyz.org



Η δοσοληψία A διαπιστώνει ότι πρέπει να κλειδώσει τη γραμμή για τον Pedro και η δοσοληψία B διαπιστώνει ότι πρέπει να κλειδώσει τη γραμμή που περιέχει πληροφορία για τη Marie

Name	Age	Email
⋮	⋮	⋮
Marie	21	mb@abc.edu
⋮	⋮	⋮
Pedro	47	pedro@xyz.org



?!

?!

Αδιέξοδο (Deadlock): δύο δοσοληψίες A και B προσπαθούν να κλειδώσουν τις ίδιες γραμμές αλλά με αντίθετη σειρά... Δημιουργείται αδιέξοδο και καμμία από τις δοσοληψίες δεν μπορεί να τερματίσει...

Αναίρεση δοσοληψιών

- Πολλές βάσεις δεδομένων εκτελούν περιοδικά ειδικές διεργασίες για εντοπισμό αδιεξόδων
 - Όταν εντοπίζεται αδιέξοδο μία από τις δοσοληψίες απλά ακυρώνεται ώστε να μπορέσει να προχωρήσει η άλλη δοσοληψία \Rightarrow μια δοσοληψία που έχει μερικώς πραγματοποιηθεί πρέπει να ακυρωθεί
- Η ακύρωση μιας δοσοληψίας μπορεί να πραγματοποιηθεί με μια μικρή αλλαγή στην ιδέα της τήρησης λίστας εργασιών: το αρχείο στο οποίο καταγράφονται οι ενέργειες που πρέπει να εκτελέσει μια δοσοληψία πρέπει να περιέχει αρκετή πληροφορία ώστε κάθε ενέργεια να μπορεί να αναιρεθεί αν χρειαστεί (όπως και να μπορεί να εκτελεστεί από την αρχή στην περίπτωση βλάβης)
 - Π.χ., ενέργεια όπως “Αλλάξε το υπόλοιπο του λογαριασμού μισθοδοσίας της Zadie από \$800 σε \$600” μπορεί εύκολα να αναιρεθεί απλά αλλάζοντας το υπόλοιπο του λογαριασμού μισθοδοσίας της Zadie από \$600 σε \$800...

Το τέχνασμα Προετοιμασία και μετά Δέσμευση

Πώς ακυρώνονται δοσοληψίες σε βάσεις δεδομένων με πολλαπλά αντίγραφα;

- Πιθανό πρόβλημα: μόνο ένα από τα αντίγραφα διαπιστώνει πρόβλημα που απαιτεί αναίρεση μιας δοσοληψίας... γιατί π.χ., το αντίγραφο αυτό ξεμένει από αποθηκευτικό χώρο ενώ τα άλλα όχι...

Ας δούμε ένα απλό καθημερινό αντίστοιχο παράδειγμα:

- Φανταστείτε ότι 4 φίλοι θέλουμε να πάμε σινεμά και ο μόνος τρόπος συνεννόησης που διαθέτουμε είναι το τηλέφωνο – πώς το οργανώνουμε;
- Αποφασίζουμε ποια μέρα και ώρα μπορούμε εμείς π.χ., Τρίτη ώρα 20.00 και στη συνέχεια ρωτάμε τον έναν από τους 3 φίλους μας αν μπορεί κι αυτός - αν απαντήσει θετικά, του λέμε «ωραία, σημείωσε μέρα και ώρα και θα ξαναπάρω να στο επιβεβαιώσω»
- Μετά καλούμε τους άλλους 2 φίλους (έναν κάθε φορά) και τους ρωτάμε το ίδιο – αν όλοι είναι διαθέσιμοι τους ξανακαλούμε και επιβεβαιώνουμε το ραντεβού
- Τι κάνουμε αν κάποιος από τους φίλους δεν μπορεί τη συγκεκριμένη μέρα και ώρα;
 - Πρέπει να αναιρέσουμε τις συνεννοήσεις που έχουμε ήδη κάνει – δηλ., πρέπει να ενημερώσουμε τους φίλους με τους οποίους έχουμε μιλήσει να ακυρώσουν το ραντεβού, να προτείνουμε νέα μέρα και ώρα και να ξανακάνουμε την ίδια διαδικασία από την αρχή...

Το τέχνασμα Προετοιμασία και μετά Δέσμευση

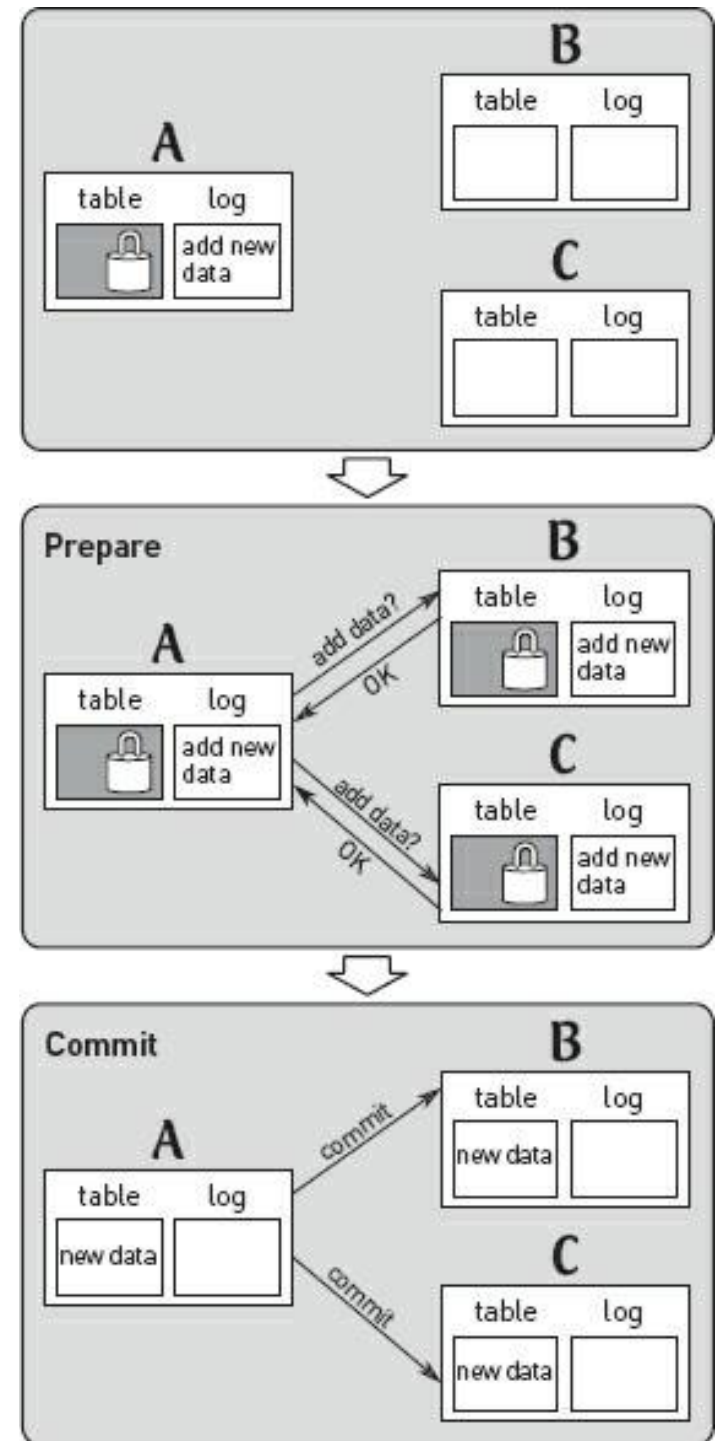
- Υπάρχουν 2 φάσεις στη στρατηγική που ακολουθήσαμε:
 - **Φάση 1:** έχει προταθεί ημέρα και ώρα αλλά δεν είναι 100% οριστικές – όταν βεβαιωθούμε ότι η πρόταση είναι εφικτή για όλους εμείς γνωρίζουμε ότι είναι 100% οριστική αλλά όχι όλοι οι άλλοι...
 - **Φάση 2:** Καλούμε εκ νέου όλους τους φίλους και επιβεβαιώνουμε (ή αναιρούμε την πρόταση αν κάποιος(οι) δεν είχαν διαθεσιμότητα)
- Η διαδικασία αυτή στην Επιστήμη των Υπολογιστών καλείται **πρωτόκολλο δέσμευσης δύο φάσεων (two-phase commit protocol)** κι εμείς καλούμε την αντίστοιχη ιδέα Προετοιμασία και μετά Δέσμευση
 - **Φάση 1:** Προετοιμασία
 - **Φάση 2:** Δέσμευση ή Ακύρωση (ανάλογα με το αν έγινε δεκτή από όλους ή όχι η αρχική πρόταση)
- Το παράδειγμα ενέχει την έννοια του κλειδώματος: κάθε φίλος που δηλώνει διαθεσιμότητα ουσιαστικά δεσμεύεται να μην κανονίσει κάτι άλλο τη συγκεκριμένη μέρα και ώρα έως ότου είτε επιβεβαιώσουμε είτε ακυρώσουμε το ραντεβού: το συγκεκριμένο διάστημα στο ημερολόγιο κάθε φίλου είναι “κλειδωμένο” και δεν μπορεί να τροποποιηθεί από καμία άλλη “συναλλαγή”
 - Αν κάποιος άλλος τους καλέσει για να κλείσουν άλλο ραντεβού την ίδια ώρα η απάντηση θα είναι «λυπάμαι αλλά μάλλον έχω άλλο ραντεβού την ίδια ώρα – κάτσε να μάθω τι θα γίνει με αυτό και τα ξαναλέμε»

Το τέχνασμα Προετοιμασία και μετά Δέσμευση

- Πώς λειτουργεί το τέχνασμα Προετοιμασία και μετά Δέσμευση με βάσεις δεδομένων με πολλαπλά αντίγραφα (δείτε την επόμενη διαφάνεια);
- Συνήθως, **ένα από τα αντίγραφα είναι το βασικό και συντονίζει τη δοσοληψία**
- Υποθέτουμε ότι υπάρχουν 3 αντίγραφα μιας βάσης δεδομένων A, B και C, και το A είναι το βασικό
- Η βάση δεδομένων πρέπει να υλοποιήσει μία δοσοληψία που εισάγει μια γραμμή σε κάποιον πίνακα
- **Φάση Προετοιμασίας:** το αντίγραφο A κλειδώνει τον πίνακα, εισάγει τη νέα γραμμή και καταγράφει την ενέργεια στη λίστα εργασιών του – ταυτόχρονα στέλνει τη νέα γραμμή στα αντίγραφα B και C τα οποία κάνουν την ίδια διαδικασία με το αντίγραφο A και αναφέρουν στο αντίγραφο A αν τα κατάφεραν ή αν απέτυχαν
- **Φάση Δέσμευσης:**
 - Αν κάποιο από τα αντίγραφα A, B ή C συνάντησε πρόβλημα (έλλειψη αποθηκευτικού χώρου ή αποτυχία κλειδώματος του πίνακα) το βασικό αντίγραφο γνωρίζει ότι η δοσοληψία πρέπει να αναιρεθεί και ενημερώνει σχετικά όλα τα άλλα αντίγραφα
 - Αν όλα τα αντίγραφα ολοκλήρωσαν επιτυχώς το στάδιο της Προετοιμασίας, το βασικό αντίγραφο A στέλνει μήνυμα σε καθένα από τα άλλα επιβεβαιώνοντας τη δοσοληψία και τα άλλα αντίγραφα τότε την ολοκληρώνουν

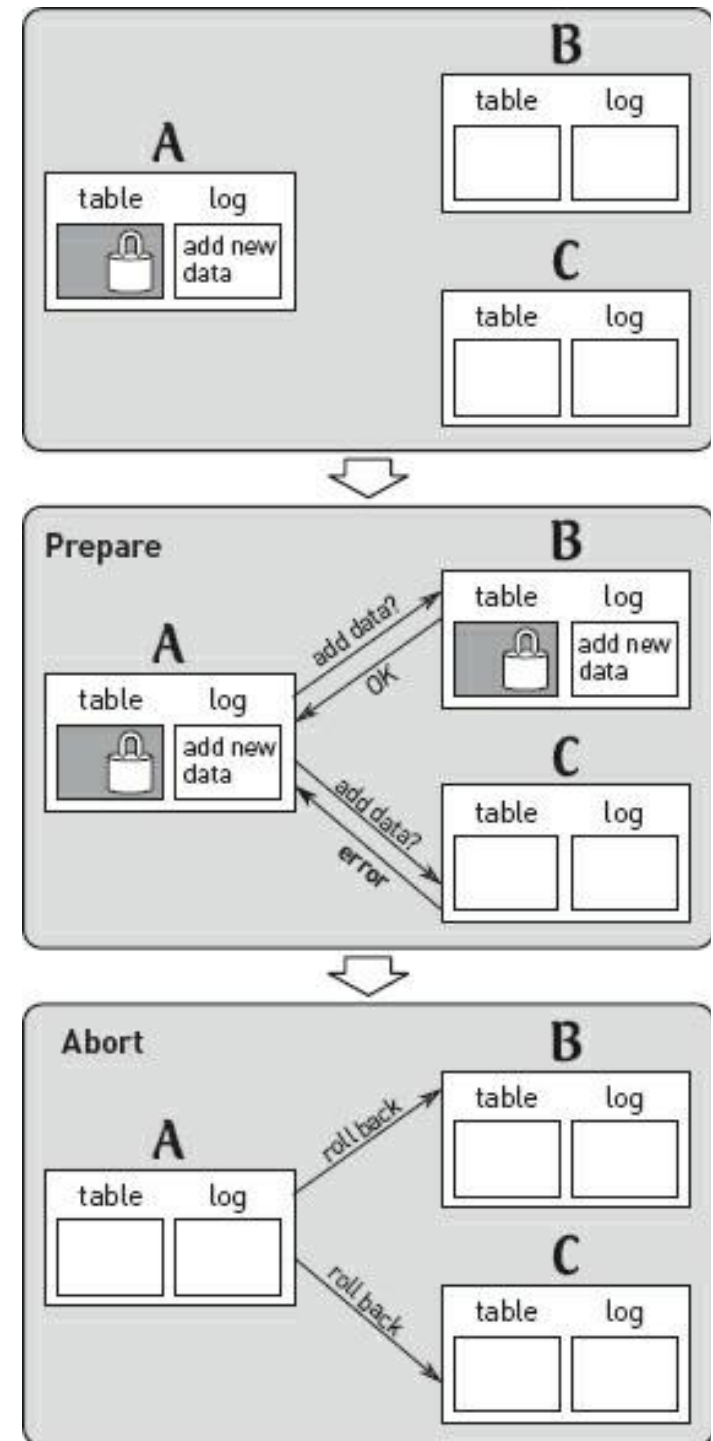
Το βασικό αντίγραφο A ρωτάει τα αντίγραφα B και C αν θα μπορέσουν να ολοκληρώσουν τη δοσοληψία...

Αν πάρει OK και από τα δύο, τους δίνει εντολή να δεσμεύσουν τα δεδομένα



Το βασικό αντίγραφο A ρωτάει τα αντίγραφα B και C αν θα μπορέσουν να ολοκληρώσουν τη δοσοληψία...

Αν ένα από τα αντίγραφα απαντήσει αρνητικά το βασικό αντίγραφο A δίνει εντολή σε όλα τα αντίγραφα να αναιρέσουν τη δοσοληψία



Σύντομη σύνοψη...

- Μέχρι τώρα έχουμε δει 2 ιδέες: το τέχνασμα της τήρησης λίστας εργασιών και το τέχνασμα Προετοιμασία-μετά-Δέσμευση
 - Συνδυάζοντας αυτά τα 2 τεχνάσματα, οι τράπεζες και κάθε άλλη οντότητα που είναι online μπορούν να υλοποιήσουν βάση δεδομένων με πολλαπλά αντίγραφα και ατομικές δοσοληψίες
 - Αυτό επιτρέπει ταυτόχρονη, αποδοτική εξυπηρέτηση σε χιλιάδες πελάτες με μηδενική πιθανότητα ασυνέπειας ή απώλειας δεδομένων
- Πώς όμως είναι δομημένα τα δεδομένα σε μία βάση δεδομένων και πώς απαντώνται ερωτήσεις (queries)

Σχισιακές βάσεις δεδομένων και το τέχνασμα του ιδεατού πίνακα

- Στις πραγματικές σύγχρονες βάσεις δεδομένων υπάρχουν **πολλοί πίνακες** (όχι ένας όπως στα παραδείγματα)
- Κάθε πίνακας φυλάσσει ένα διαφορετικό σύνολο πληροφοριών αλλά **τα στοιχεία στους διάφορους πίνακες συχνά σχετίζονται (συνδέονται) με διάφορους τρόπους**
 - Η βάση δεδομένων μιας εταιρείας μπορεί να αποτελείται από διάφορους πίνακες για **πληροφορία πελατών**, **πληροφορία προμηθευτών** και **πληροφορία για τα προϊόντα**
 - Ο πίνακας **πελατών** μπορεί να αναφέρει αντικείμενα από τον πίνακα των **προϊόντων** αφού οι πελάτες αγοράζουν προϊόντα
 - Ο πίνακας **προϊόντων** μπορεί να αναφέρει αντικείμενα από τον πίνακα **προμηθευτών** αφού τα προϊόντα κατασκευάζονται από υλικά των προμηθευτών

Σχεσιακές βάσεις δεδομένων και το τέχνασμα του ιδεατού πίνακα

- Ας δούμε ένα μικρό πραγματικό παράδειγμα: την πληροφορία που διατηρείται σε ένα πανεπιστημιακό τμήμα σχετικά με το **ποιοι φοιτητές παρακολουθούν ποια μαθήματα**
- Αν έχουμε **μόνον έναν πίνακα** στη βάση δεδομένων, τι δεδομένα μπορούμε να αποθηκεύσουμε;
 - Ο πίνακας περιέχει 10 γραμμές και 5 στήλες \Rightarrow υπάρχουν $10 \times 5 = 50$ αντικείμενα στη βάση
 - Παρατηρούμε ότι υπάρχει επανάληψη δεδομένων χωρίς αυτό να είναι απαραίτητο: πολλή πληροφορία για κάθε μάθημα επαναλαμβάνεται για κάθε φοιτητή που παρακολουθεί το μάθημα αυτό
 - Π.χ., 3 φοιτητές παρακολουθούν το μάθημα ARCH101 και λεπτομερής πληροφορία για το μάθημα αυτό (τίτλος, καθηγητής, αίθουσα) επαναλαμβάνεται για καθέναν από αυτούς τους 3 φοιτητές
- Υπάρχει αποδοτικότερος τρόπος να αποθηκεύσουμε την παραπάνω πληροφορία;
 - ΝΑΙ αλλά θα χρειαστούμε **2 πίνακες**: έναν για να αποθηκεύουμε ποια μαθήματα παρακολουθούν ποιοι φοιτητές και έναν άλλον για να αποθηκεύουμε λεπτομέρειες για τα μαθήματα

Σχισιακές βάσεις δεδομένων και το τέχνασμα του ιδεατού πίνακα

Βάση δεδομένων με 1 πίνακα

student name	course number	course title	instructor	room number
Francesca	ARCH101	Introduction to archeology	Prof Black	610
Francesca	HIST256	European history	Prof Smith	851
Susan	MATH314	Differential equations	Prof Kirby	560
Eric	MATH314	Differential equations	Prof Kirby	560
Luigi	HIST256	European history	Prof Smith	851
Luigi	MATH314	Differential equations	Prof Kirby	560
Bill	ARCH101	Introduction to archeology	Prof Black	610
Bill	HIST256	European history	Prof Smith	851
Rose	MATH314	Differential equations	Prof Kirby	560
Rose	ARCH101	Introduction to archeology	Prof Black	610

Βάση δεδομένων με 2 πίνακες

student name	course number
Francesca	ARCH101
Francesca	HIST256
Susan	MATH314
Eric	MATH314
Luigi	HIST256
Luigi	MATH314
Bill	ARCH101
Bill	HIST256
Rose	MATH314
Rose	ARCH101

course number	course title	instructor	room number
ARCH101	Introduction to archeology	Prof Black	610
HIST256	European history	Prof Smith	851
MATH314	Differential equations	Prof Kirby	560

Σχεσιακές βάσεις δεδομένων και το τέχνασμα του ιδεατού πίνακα

- Στην προσέγγιση με τους 2 πίνακες, ο απαιτούμενος αποθηκευτικός χώρος μειώθηκε
 - Χρησιμοποιείται ένας πίνακας με 10 γραμμές και 2 στήλες (δηλ., $10 \times 2 = 20$ αντικείμενα) και ένα πίνακας με 3 γραμμές και 4 στήλες (δηλ., $3 \times 4 = 12$ αντικείμενα) \Rightarrow συνολικά 32 αντικείμενα
 - Στην προσέγγιση με τον 1 πίνακα χρειαζόνταν 50 αντικείμενα για να αποθηκευθεί η ίδια πληροφορία
 - Η μείωση αυτή προέκυψε από την απομάκρυνση πληροφορίας που επαναλαμβάνονταν: αντί να επαναλαμβάνουμε για κάθε μάθημα τίτλο, καθηγητή και αίθουσα όταν το παρακολουθεί κάποιος φοιτητής η πληροφορία αυτή αναφέρεται μία φορά
 - Τώρα ο αριθμός του μαθήματος επαναλαμβάνεται σε δύο σημεία αφού υπάρχει η στήλη “αριθμός μαθήματος” και στους 2 πίνακες
- Αν οι πίνακες είναι σωστά σχεδιασμένοι μπορούν να γίνουν ευκολότερα αλλαγές στη βάση δεδομένων
 - Φανταστείτε ότι η αλλάζει η αίθουσα για το μάθημα MATH314 από την 560 στην 440
 - Στην προσέγγιση με τον 1 πίνακα θα έπρεπε να ενημερωθούν 4 γραμμές με χρήση μιας συναλλαγής για να παραμείνει η βάση δεδομένων συνεπής
 - Στην προσέγγιση με τους 2 πίνακες απαιτείται μόνο ενημέρωση μόνο μιας γραμμής στον πίνακα των μαθημάτων

Κλειδιά

- Στην προηγούμενη βάση δεδομένων με τους φοιτητές/μάθημα και τα μαθήματα, θα μπορούσε να προστεθεί κι άλλος πίνακας με πληροφορία για κάθε φοιτητή όπως AM, τηλέφωνο, email κι άλλος πίνακας με πληροφορίες για κάθε καθηγητή όπως e-mail, γραφείο και ώρες γραφείου
- Κάθε πίνακας πρέπει να σχεδιαστεί έτσι ώστε στις περισσότερες στήλες να αποθηκεύεται πληροφορία που δεν επαναλαμβάνεται και αλλού έτσι ώστε όταν απαιτούνται λεπτομέρειες για κάποιο αντικείμενο να μπορούν να αναζητηθούν στο σχετικό πίνακα
- Κάθε στήλη που χρησιμοποιείται για αναζήτηση λεπτομερειών σε έναν πίνακα λέγεται ΚΛΕΙΔΙ
- Παράδειγμα: Σε ποια αίθουσα γίνεται το μάθημα Ιστορίας του Luigi;
 - Προσέγγιση με 1 πίνακα: ψάχνουμε τις γραμμές για να προσδιορίσουμε το μάθημα Ιστορία του Luigi και μετά ψάχνουμε τη στήλη με τις αίθουσες για να βρούμε την απάντηση που είναι 851
 - Προσέγγιση με πολλούς πίνακες: ψάχνουμε στον πρώτο πίνακα για να βρούμε τον αριθμό του μαθήματος Ιστορίας του Luigi που είναι HIST256, μετά χρησιμοποιούμε το HIST256 σαν κλειδί για έναν άλλο πίνακα: ψάχνουμε λεπτομέρειες για αυτό το μάθημα εντοπίζοντας τη γραμμή HIST256 και ψάχνουμε τη στήλη αριθμός αίθουσας που είναι πάλι 851

Κλειδιά

- Οι βάσεις δεδομένων μπορούν να αναζητήσουν κλειδιά με εξαιρετική αποδοτικότητα όπως ένας άνθρωπος ψάχνει μια λέξη σε ένα λεξικό...
- Πώς θα ψάχναμε σε ένα λεξικό τη λέξη «πολιτισμός»; Δεν θα ξεκινούσαμε από την πρώτη σελίδα να ψάχνουμε μία μία τις λέξεις για να προσδιορίσουμε τη λέξη «πολιτισμός» αλλά κοιτώντας τις επικεφαλίδες των σελίδων και γυρίζοντας πολλές σελίδες μαζί μειώνοντάς τες καθώς προσεγγίζουμε το σημείο (κοντά το γράμμα «π») που περιέχεται η λέξη θα την προσδιορίζαμε
- Αυτό κάνουν και οι βάσεις δεδομένων αλλά πολύ πιο αποδοτικά (υπάρχουν αλγόριθμοι που κάνουν αναζήτηση πολύ γρήγορα σε συγκεκριμένες δομές όπως το B-tree)

Το τέχνασμα του ιδεατού πίνακα

- Αν και όλη η πληροφορία σε μια βάση δεδομένων είναι αποθηκευμένη σε προκαθορισμένο σύνολο πινάκων, μια **βάση δεδομένων μπορεί να παράγει εντελώς νέους προσωρινούς πίνακες** οποτεδήποτε χρειάζεται
- Οι πίνακες αυτοί καλούνται «**ιδεατοί πίνακες**» (“virtual tables”) αφού δεν αποθηκεύονται πουθενά απλά τους δημιουργεί η βάση δεδομένων οποτεδήποτε χρειάζονται για να απαντηθεί μια ερώτηση και τους διαγράφει αμέσως μετά
- Παράδειγμα: Φανταστείτε ότι έχουμε αρχικά την παρακάτω βάση δεδομένων και ένας χρήστης ζητάει τα ονόματα των φοιτητών που παρακολουθούν το μάθημα του καθηγητή Kirby

student name	course number
Francesca	ARCH101
Francesca	HIST256
Susan	MATH314
Eric	MATH314
Luigi	HIST256
Luigi	MATH314
Bill	ARCH101
Bill	HIST256
Rose	MATH314
Rose	ARCH101

course number	course title	instructor	room number
ARCH101	Introduction to archeology	Prof Black	610
HIST256	European history	Prof Smith	851
MATH314	Differential equations	Prof Kirby	560

Το τέχνασμα του ιδεατού πίνακα

- Μια προσέγγιση για να απαντηθεί η ερώτηση είναι να δημιουργηθεί ένας ιδεατός πίνακας που να περιέχει φοιτητές και καθηγητές για όλα τα μαθήματα
- Αυτό γίνεται με μια ειδική λειτουργία στις βάσεις δεδομένων που λέγεται **ένωση - join** δύο πινάκων (και προέρχεται από τη Σχεσιακή Άλγεβρα)
 - Η βασική ιδέα της ένωσης είναι να **συνδυαστεί** κάθε γραμμή του ενός πίνακα με την αντίστοιχη γραμμή του άλλου πίνακα
 - Η αντιστοιχία προκύπτει μέσω μιας **στήλης-κλειδιού** που εμφανίζεται και στους δύο πίνακες

- Όταν εκτελούμε ένωση των δύο παρακάτω πινάκων χρησιμοποιώντας σαν κλειδί τη στήλη με τον αριθμό μαθήματος (“course number”) το αποτέλεσμα είναι

student name	course number
Francesca	ARCH101
Francesca	HIST256
Susan	MATH314
Eric	MATH314
Luigi	HIST256
Luigi	MATH314
Bill	ARCH101
Bill	HIST256
Rose	MATH314
Rose	ARCH101

course number	course title	instructor	room number
ARCH101	Introduction to archeology	Prof Black	610
HIST256	European history	Prof Smith	851
MATH314	Differential equations	Prof Kirby	560

student name	course number	course title	instructor	room number
Francesca	ARCH101	Introduction to archeology	Prof Black	610
Francesca	HIST256	European history	Prof Smith	851
Susan	MATH314	Differential equations	Prof Kirby	560
Eric	MATH314	Differential equations	Prof Kirby	560
Luigi	HIST256	European history	Prof Smith	851
Luigi	MATH314	Differential equations	Prof Kirby	560
Bill	ARCH101	Introduction to archeology	Prof Black	610
Bill	HIST256	European history	Prof Smith	851
Rose	MATH314	Differential equations	Prof Kirby	560
Rose	ARCH101	Introduction to archeology	Prof Black	610

- Κάθε φοιτητής συνδυάζεται με όλες τις λεπτομέρειες κάθε σχετικού μαθήματος από τον δεύτερο πίνακα στις οποίες γίνεται αναζήτηση χρησιμοποιώντας σαν κλειδί τον αριθμό μαθήματος
- Βέβαια εμείς θέλουμε μόνο ονόματα φοιτητών και καθηγητών οπότε θέλουμε μόνο αυτές τις στήλες κι όχι άλλες
- Αυτό επιτυγχάνεται με τη λειτουργία **γινομένου (projection)** που επιτρέπει την **απομάκρυνση στηλών που δεν μας ενδιαφέρουν**

student name	instructor
Francesca	Prof Black
Francesca	Prof Smith
Susan	Prof Kirby
Eric	Prof Kirby
Luigi	Prof Smith
Luigi	Prof Kirby
Bill	Prof Black
Bill	Prof Smith
Rose	Prof Kirby
Rose	Prof Black

- Στη συνέχεια χρησιμοποιούμε τη λειτουργία **επιλογής (select)** με την οποία μπορούμε να **επιλέξουμε γραμμές από κάποιον πίνακα με βάση κάποια κριτήρια** και να απομακρύνουμε τις υπόλοιπες
- Επειδή αναζητούμε φοιτητές που παρακολουθούν μαθήματα του καθηγητή Kirby πρέπει να εκτελέσουμε μία λειτουργία “επιλογής” (select) μόνο των γραμμών στις οποίες καθηγητής είναι ο “Prof Kirby”
- Το αποτέλεσμα είναι:

student name	instructor
Susan	Prof Kirby
Eric	Prof Kirby
Luigi	Prof Kirby
Rose	Prof Kirby

- Τέλος, εκτελούμε μία ακόμα λειτουργία **«γινομένου» (projection)** για να απομακρύνουμε τη στήλη με τον καθηγητή και να μείνει ο ιδεατός πίνακας με την απάντηση:

student name
Susan
Eric
Luigi
Rose

Σχεσιακές βάσεις δεδομένων

- Σχεσιακή λέγεται μια βάση δεδομένων όταν αποθηκεύει όλα τα δεδομένα της σε διασυνδεδεμένους πίνακες
- Οι σχεσιακές βάσεις δεδομένων υποστηρίχθηκαν από τον ερευνητή της IBM E. F. Codd το 1970 στην πολύ σημαντική δημοσίευσή του με τίτλο “A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks”
- Οι σχεσιακές βάσεις δεδομένων αν και απλές – τελικά – σε σύλληψη αποτέλεσαν μεγάλο βήμα στην αποδοτική αποθήκευση και επεξεργασία πληροφοριών
- Με χρήση λίγων απλών λειτουργιών όπως οι πράξεις σχεσιακής άλγεβρας “επιλογή”, “ένωση” και “γινόμενο” (“select”, “join” και “project”) μπορούν να παραχθούν ιδεατοί πίνακες που απαντούν κάθε ερώτηση προς τη βάση δεδομένων
 - Δεδομένα αποθηκεύονται σε δομημένους πίνακες για αποδοτικότητα
 - Με χρήση ιδεατών πινάκων απαντώνται ερωτήσεις που απαιτούν τα δεδομένα να είναι σε διαφορετική μορφή
- Οι σχεσιακές βάσεις δεδομένων υποστηρίζουν μεγάλο μέρος δραστηριοτήτων ηλεκτρονικού εμπορίου (e-commerce)
 - Οποτεδήποτε πραγματοποιούμε μια αγορά από το internet αλληλεπιδρούμε με κάποια σχεσιακή βάση δεδομένων που περιέχει πληροφορίες για πελάτες, προϊόντα και αγορές
 - Σχεσιακές βάσεις δεδομένων συναντάμε συνεχώς στο internet ακόμα κι αν δεν το αντιλαμβανόμαστε πάντα...

Βάσεις δεδομένων: συνέπεια και διάρκεια για τα δεδομένα

- Ποια είναι η πολύ ενδιαφέρουσα πλευρά των βάσεων δεδομένων που ίσως δεν γίνεται αντιληπτή με την πρώτη επαφή;
- Φτιαγμένες από υλικό (hardware) που μπορεί να παρουσιάσει βλάβες κατά την εκτέλεση οποιασδήποτε λειτουργίας οι βάσεις δεδομένων παρέχουν την αποδοτικότητα και την αξιοπιστία που απαιτείται από εφαρμογές όπως οι online τραπεζικές συναλλαγές (internet banking)
- Η ιδέα **τήρησης λίστας εργασιών** παρέχει ατομικές δοσληψίες που εξασφαλίζουν **συνέπεια** τόσο όταν χιλιάδες πελάτες αλληλεπιδρούν με τη βάση δεδομένων όσο και όταν συμβαίνουν βλάβες στο υλικό ή λογισμικό
- Σε συνδυασμό με την ιδέα **Προετοιμασία και μετά Δέσμευση** υποστηρίζονται **βάσεις δεδομένων με πολλαπλά αντίγραφα** που εγγυώνται **συνέπεια** και **διάρκεια** για τα δεδομένα μας

Η ανθρώπινη πλευρά των βάσεων δεδομένων

- Βέβαια οι βάσεις δεδομένων δεν μπόρεσαν τελικά να σώσουν τη ζωή του **Jim Gray** ενός σημαντικού επιστήμονα των Υπολογιστών που έγραψε βιβλίο για την **επεξεργασία συναλλαγών** με τίτλο **Transaction Processing: Concepts and Techniques** που πρωτοεκδόθηκε το **1992**
- Ο Gray μια μέρα το 2007 βγήκε για βόλτα με το πλοιάριό του στον κόλπο του San Francisco για εκδρομή στα κοντινά νησιά και από τότε δεν βρέθηκε κανένα σημάδι ούτε από αυτόν ούτε από το πλοιάριό του
- Πολλοί φίλοι του χρησιμοποίησαν βάσεις δεδομένων στις οποίες φόρτωσαν πρόσφατες δορυφορικές φωτογραφίες της περιοχής για να τον προσδιορίσουν αλλά δυστυχώς χωρίς επιτυχία...