



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ - ΤΜΗΥΠ  
ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΙΙ

---

*B. Μεγαλοοικονόμου*

Έλεγχος συνδρομικότητας

(παρουσίαση βασισμένη εν μέρη σε σημειώσεις των Silberchatz, Korth και Sudarshan και του C. Faloutsos)



# Γενική Επισκόπηση

---

- Σχεσιακό Μοντέλο - SQL
- Συναρτησιακές Εξαρτήσεις & Κανονικοποίηση
- Φυσικός σχεδιασμός & Δεικτοδότηση
- Βελτιστοποίηση ερωτήσεων
- **Επεξεργασία δοσοληψιών**
  - Έλεγχος συνδρομικότητας
  - Ανάκαμψη



# Ορισμός & Επιθυμητές Ιδιότητες των Δοσοληψιών

---

- Μια λογική μονάδα επεξεργασίας της ΒΔ που περιλαμβάνει μία ή περισσότερες πράξεις προσπέλασης στη ΒΔ, π.χ., μετακίνηση 10€ από το απόθεμα στην πληρωμή
- **Atomicity (Ατομικότητα)**
  - είτε όλες οι πράξεις είτε καμία
- **Consistency (Συνέπεια)**
  - διατήρηση συνέπειας της ΒΔ
- **Isolation (Απομόνωση)**
  - δεν εμπλέκεται με άλλη δοσοληψία που εκτελείται ταυτόχρονα
- **Durability (Μονιμότητα ή διάρκεια)**
  - μετά την επικύρωση μιας δοσοληψίας οι αλλαγές δεν είναι δυνατόν να χαθούν



# Συνδρομικότητα – επισκόπηση

---

- Για ποιο λόγο την χρειαζόμαστε;
- Τι σημαίνει 'σωστή' παρεμβολή;
  - Γράφος προτεραιότητας
- Πώς μπορούν να επιτευχθούν αυτόματα σωστές παρεμβολές;
  - Έλεγχος συνδρομικότητας

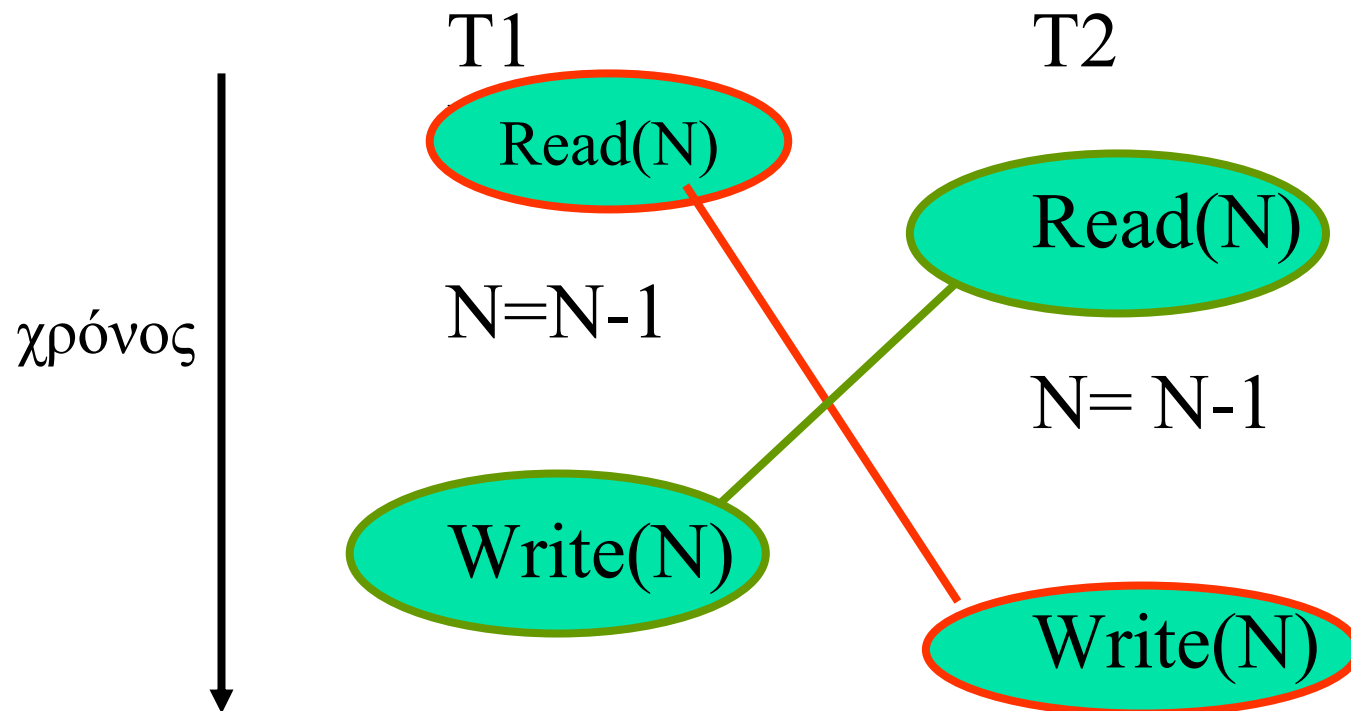


# Πρόβλημα

---

- Ταυτόχρονη προσπάθεια δεδομένων (αναλογιστείτε το πρόβλημα 'χαμένης ενημερωσης')
- Πώς μπορεί να επιλυθεί;

# Πρόβλημα χαμένης ενημέρωσης – χωρίς την τεχνική κλειδώματος



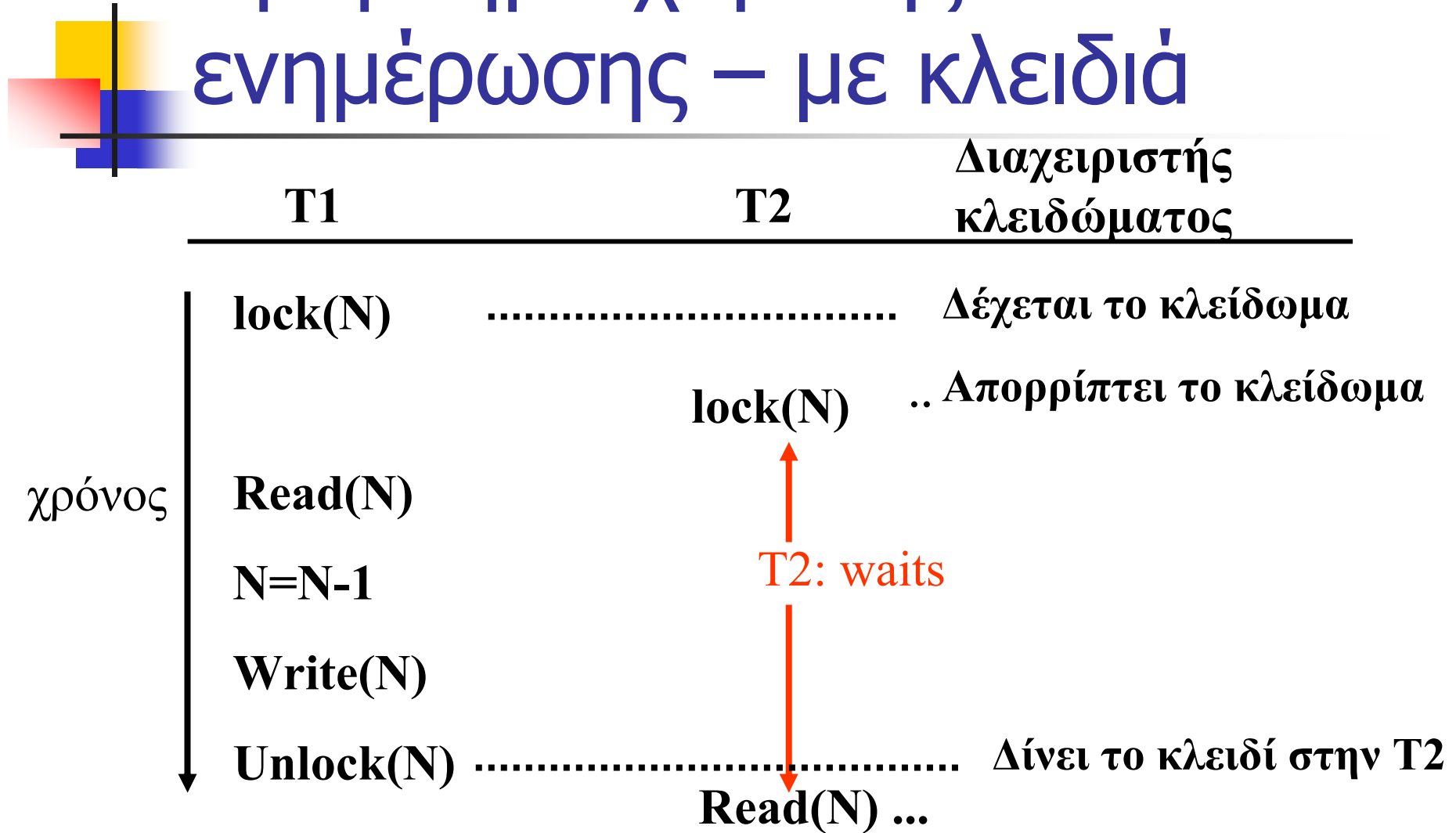


# Λύση – μέρος 1

---

- Τεχνική κλειδώματος! (δημοφιλέστερη λύση) - Locks
- Διαχειριστής κλειδώματος: δέχεται ή απορρίπτει τα αιτήματα κλειδώματος

# Πρόβλημα χαμένης ενημέρωσης – με κλειδιά







# Τεχνική κλειδώματος

---

- Αλλά, τι γίνεται στην περίπτωση που όλοι θέλουν να διαβάσουν το 'N';

# Λύση – μέρος 1

- Τεχνική κλειδώματος
  - X-locks:  
αποκλειστικό (exclusive) κλειδί ή κλειδί εγγραφής
  - S-locks:  
διαμοιραζόμενο (shared) κλειδί ή κλειδί ανάγνωσης
  - <και άλλα ... >
- Πίνακας συμβατότητας

T2 wants T1 has	S	X
S	T	F
X	F	F



# Λύση – μέρος 1

---

- Οι δοσοληψίες ζητούν κλειδιά (ή ενημερώσεις)
- Ο διαχειριστής κλειδιών δέχεται η απορρίπτει τα αιτήματα
- Οι δοσοληψίες ελευθερώνουν τα κλειδιά
- Ο διαχειριστής κλειδιών ενημερώνει τον πίνακα κλειδιών



# Λύση – μέρος 1

---

- Μία δοσοληψία παίρνει ένα κλειδί σε ένα στοιχείο εάν το ζητούμενο κλειδί είναι συμβατό με τα κλειδιά που υπάρχουν ήδη στο αντικείμενο
- Οποιοσδήποτε αριθμός δοσοληψιών μπορεί να διατηρεί διαμοιραζόμενα κλειδιά σε ένα στοιχείο
- Εάν κάποια δοσοληψία διατηρεί ένα αποκλειστικό κλειδί σε ένα στοιχείο καμία άλλη δοσοληψία δε μπορεί να έχει οποιοδήποτε κλειδί στο στοιχείο
- Εάν δεν γίνει δεκτό ένα αίτημα κλειδιού, η αιτούσα δοσοληψία περιμένει έως ότου αρθούν (επιστραφούν) όλα τα μη συμβατά κλειδιά από άλλες δοσοληψίες



## Λύση – μέρος 2

---

Τα κλειδιά δεν είναι αρκετά – π.χ.,  
‘ασυνεπής ανάλυση’



# ‘Ασυνεπής ανάλυση’

---

χρόνος



T1

Read(A)  
A=A-10  
Write(A)

T2

Read(A)  
Sum = A  
Read(B)  
Sum += B

Read(B)  
B=B+10  
Write(B)

**Γράφος  
προτεραιότητας?**



# ‘ΑΣυνεπής ανάλυση’ – w/ locks

time

T1

T2

L(A)

Read(A)

...

U(A)

L(A)

....

L(B)

....

**Το πρόβλημα  
παραμένει!**

**Λύση;;**



# Γενική λύση:

---

- Πρωτόκολλο(α)

- Ένα **πρωτόκολλο κλειδώματος** είναι ένα σύνολο κανόνων το οποίο ακολουθείται από όλες τις δοσοληψίες κατά τις αιτήσεις και τις άρσεις κλειδιών. Τα πρωτόκολλα κλειδώματος **περιορίζουν το σύνολο των πιθανών χρονοπρογραμμάτων**.
- Το δημοφιλέστερο πρωτόκολλο:

**Πρωτόκολλο κλειδώματος δύο φάσεων**  
**2 Phase Locking -(2PL)**





# 2PL (Κλείδωμα δύο φάσεων)

---

- **Φάση 1: Φάση επέκτασης**
  - Η δοσοληψία μπορεί να ζητήσει κλειδιά
  - Η δοσοληψία δεν απελευθερώνει κλειδιά
- **Φάση 2: Φάση συρρίκνωσης**
  - Η δοσοληψία μπορεί να ελευθερώσει κλειδιά
  - Η δοσοληψία δεν αποκτάει άλλα κλειδιά
- Το πρωτόκολλο εξασφαλίζει σειριοποιησιμότητα
  - Οι δοσοληψίες μπορούν να σειριοποιηθούν σύμφωνα με την σειρά των σημείων κλειδώματος (**lock points**) (δηλ. τα χρονικά σημεία στα οποία η δοσοληψία απόκτησε το τελευταίο της κλειδί)



## 2PL

---

X-lock έκδοση: οι δοσοληψίες δεν ζητούν κλειδιά μετά το πρώτο 'unlock'

**ΘΕΩΡΗΜΑ:** εάν όλες οι δοσοληψίες υπακούν στο 2PL → όλα τα χρονοπρογράμματα είναι σειριοποιήσιμα



## 2PL – παράδειγμα

---

‘ασυνεπής ανάλυση’ – γιατί όχι το 2PL;  
Πώς θα ήταν με το 2PL?



## 2PL – X/S lock version

---

Οι δροσοληψίες δεν κάνουν κανένα αίτημα κλειδώματος/αναβάθμισης, μετά το πρώτο ξεκλείδωμα/υποβάθμιση

Γενικά: φάση 'επέκτασης' και 'συρρίκνωσης'



## 2PL – παρατηρήσεις

---

- Περιορίζει την συνδρομικότητα
- Μπορεί να οδηγήσει σε αδιέξοδα
- 2PLC (διατήρηση κλειδωμάτων ως το 'commit')
  - **Αυστηρό πρωτόκολλο δύο φάσεων.** Μία δοσοληψία δεν απελευθερώνει κανένα *αποκλειστικό* κλειδί μέχρι να επικυρωθεί ή ακυρωθεί
  - **Άκαμπτο πρωτόκολλο δύο φάσεων.** Είναι ακόμα πιο αυστηρό. Εδώ όλα τα κλειδώματα διατηρούνται έως την επικύρωση / ακύρωση. Σε αυτό το πρωτόκολλο οι συναλλαγές μπορούν να σειριοποιηθούν με τη σειρά που επικυρώνονται.



# Συνδρομικότητα – επισκόπηση

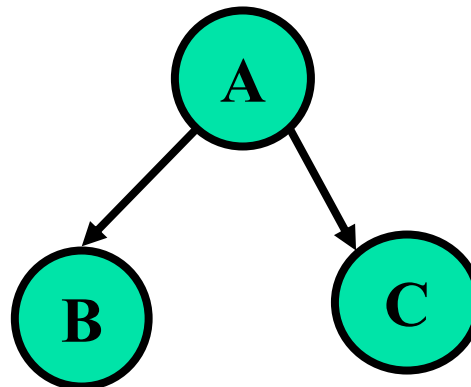
---

Τι σημαίνει 'σωστή' παρεμβολή;

- Γράφος προτεραιότητας
- Πως επιτυγχάνονται σωστές παρεμβολές αυτόματα; → έλεγχος συνδρομικότητας
  - κλειδιά + πρωτόκολλα
    - 2PL, 2PLC
    - Πρωτόκολλα γράφων
    - Κλείδωμα πολλαπλής κλιμάκωσης
  - χωρίς κλειδιά: αισιόδοξο

# Πρωτόκολλα διαφορετικά από το 2-PL – βάσει γράφων

- Υπόθεση: Έχουμε μία εκ των προτέρων γνώση όσον αφορά την σειρά με την οποία θα προσπελαστούν τα δεδομένα
- (Ιεραρχική) διάταξη των δεδομένων, όπως για παράδειγμα των σελίδων ενός B-tree





# Πρωτόκολλα διαφορετικά από το 2-PL – βάσει γράφων

- Τα πρωτόκολλα γράφων είναι μια εναλλακτική του πρωτόκολλου κλειδώματος δύο φάσεων
- Επιβάλλεται μία μερική διάταξη  $\rightarrow$  στο σύνολο  $\mathbf{D} = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$  όλων των στοιχείων
  - Εάν  $d_i \rightarrow d_j$  τότε οποιαδήποτε δοσοληψία προσπελαίνει τα  $d_i$  και  $d_j$  πρέπει να προσπελάσει το  $d_i$  πριν από το  $d_j$
  - Το σύνολο  $\mathbf{D}$  θεωρείται ως ένα κατευθυνόμενο άκυκλο γράφημα, το οποίο καλείται *database graph*.
- Το πρωτόκολλο δένδρου (*tree-protocol*) είναι ένα απλό είδος πρωτόκολλου γράφου





## Π.χ., πρωτόκολλο δένδρου (X-lock version)

---

- **an xact** μπορεί να ζητήσει οποιοδήποτε στοιχείο, στο πρώτο αίτημα κλειδιού can
- Από εκεί και έπειτα, μπορεί να ζητήσει μόνο στοιχεία για τα οποία κατέχει το γονεϊκό κλειδί
- Μπορεί να απελευθερώσει κλειδιά οποιαδήποτε στιγμή
- ΔΕΝ μπορεί να ζητήσει ένα στοιχείο δύο φορές

# Πρωτόκολλο δένδρου - παράδειγμα

T1

L(B)

L(E)

U(E)

L(D)

U(B)

L(G)

U(D)

U(G)

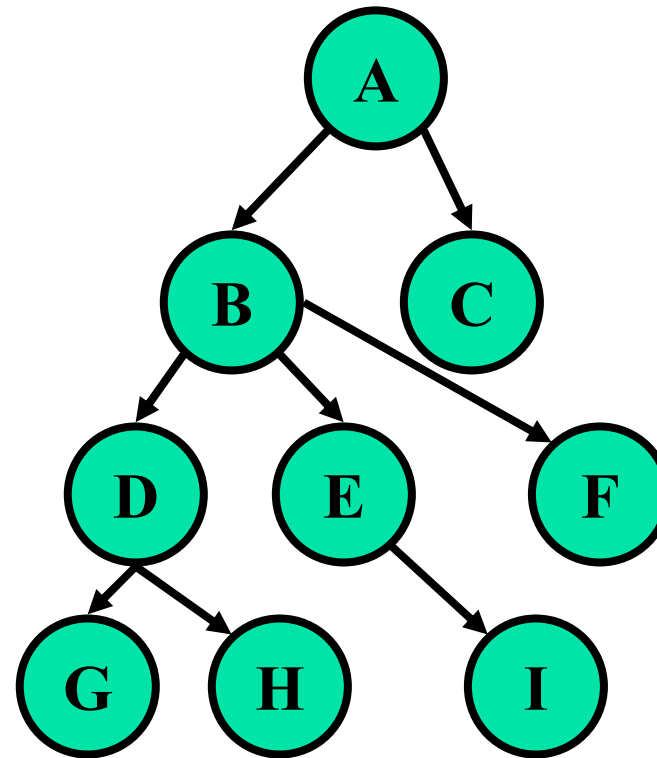
T2

L(D)

L(H)

U(D)

U(H)



-2PL;

-Ακολουθεί το  
πρωτόκολλο δένδρου;

-‘Σωστό’;



# Πρωτόκολλο δένδρου

---

- Ισοδύναμο με το πρωτόκολλο κλειδώματος δύο φάσεων;
- Αδιέξοδα;
- Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα;



# Πρωτόκολλο δένδρου

---

Το πρωτόκολλο δένδρου εξασφαλίζει την σειριοποίηση συγκρούσεων και την μη ύπαρξη αδιεξόδων

- Το ξεκλείδωμα μπορεί να εμφανιστεί νωρίτερα στο πρωτόκολλο κλειδώματος δένδρου απ' ότι στο πρωτόκολλο κλειδώματος δύο φάσεων
  - Μικρότεροι χρόνοι αναμονής, αύξηση συνδρομικότητας
  - Το πρωτόκολλο δεν έχει αδιέξοδα, δεν απαιτούνται υποχωρήσεις
  - Η ακύρωση μίας δοσοληψίας μπορεί να οδηγήσει σε διαδοχικές υποχωρήσεις
- Ωστόσο, στο πρωτόκολλο κλειδώματος δένδρου, μία δοσοληψία μπορεί να πρέπει να κλειδώσει στοιχεία τα οποία δεν προσπελαύνει
  - Αυξημένη επιβάρυνση κλειδώματος, και επιπρόσθετος χρόνος αναμονής
  - Πιθανή μείωση συνδρομικότητας
- Χρονοπρογράμματα που είναι αδύνατα στο κλείδωμα δύο φάσεων γίνονται δυνατά στο πρωτόκολλο δένδρου και αντίστροφα



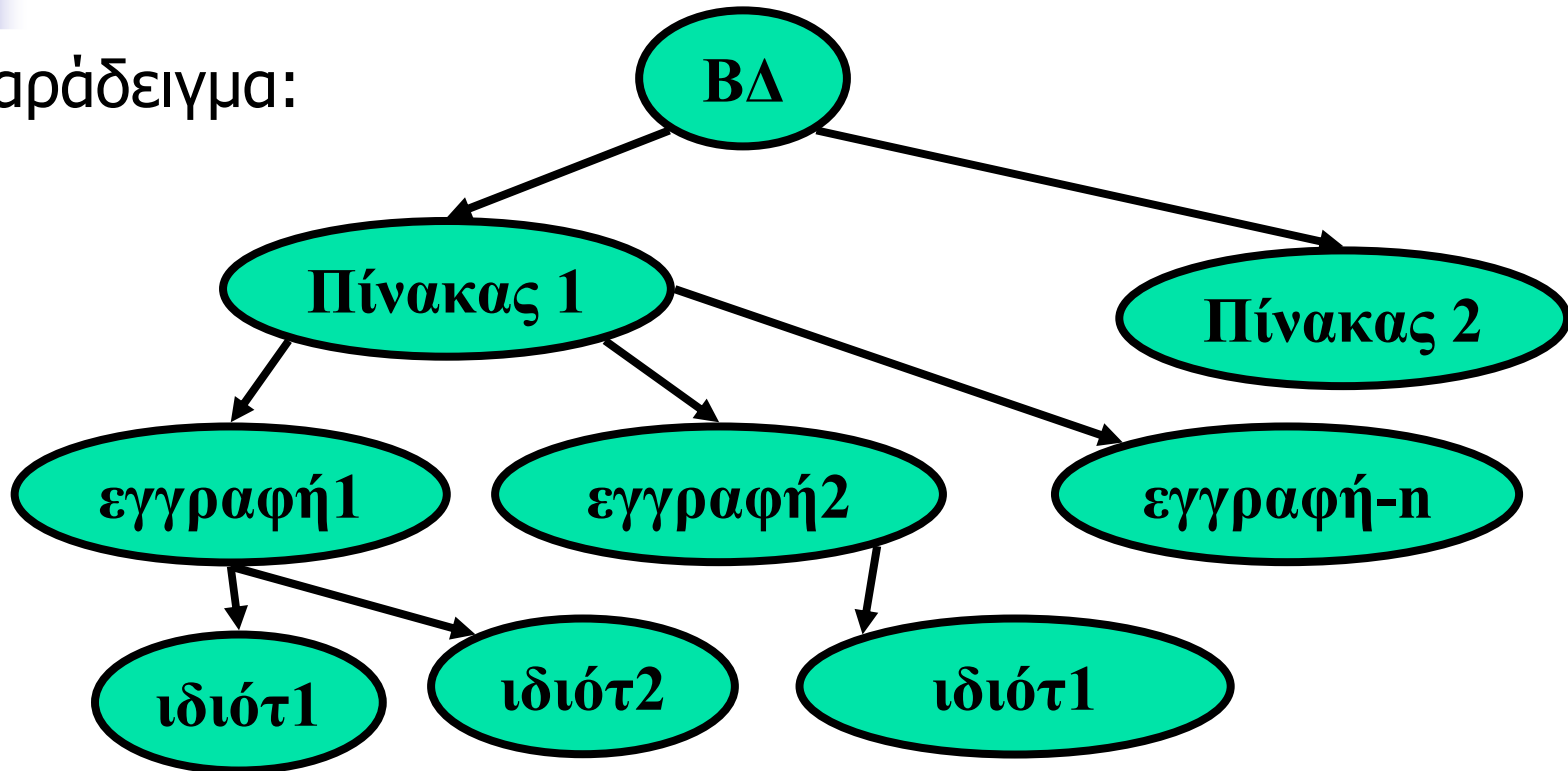
# Άλλα πρωτόκολλα

---

- Κλιμάκωση κλειδώματος – Αρχείο; Εγγραφή; Σελίδα; Πίνακας;
- Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα
- (Ιδανικά, κάθε δοσοληψία θα έπρεπε να αποκτά μερικά κλειδιά)

# Πολλαπλή κλιμάκωση

- Παράδειγμα:





# Πολλαπλή κλιμάκωση

---

- Επιτρέπει στα δεδομένα να έχουν διάφορα μεγέθη
- Ορίζει μία ιεραρχία κλιμάκωσης δεδομένων
- Μπορεί να αναπαρασταθεί γραφικά ως ένα δένδρο (αλλά δεν συγχέεται με το πρωτόκολλο κλειδώματος δένδρου)
- Όταν μία δοσοληψία κλειδώνει ένα κόμβο στο δένδρο αποκλειστικά, κλειδώνει εμμέσως όλους τους κόμβους απογόνους με τον ίδιο τρόπο
- **Κλιμάκωση (Granularity) του κλειδώματος** (επίπεδο του δέντρου στο οποίο γίνεται το κλείδωμα):
  - *Λεπτό (fine granularity)* (χαμηλά στο δέντρο): υψηλός παραλληλισμός, υψηλό κόστος κλειδώματος (overhead)
  - *Τραχύ (coarse granularity)* (ψηλά στο δέντρο): χαμηλό κόστος κλειδώματος, χαμηλός παραλληλισμός.



# Τύποι κλειδιών;

---

- Εκτός από τα κλειδώματα S και X, υπάρχουν τρία ακόμα είδη κλειδωμάτων όταν έχουμε πολλαπλή κλιμάκωση:
  - **Πρόθεσης-διαμοιραζόμενη (*intention-shared*) (IS)**: σημαίνει κάποιο κλειδώμα σε χαμηλότερο επίπεδο του δέντρου, αλλά μόνο με διαμοιραζόμενες κλειδαριές.
  - **Πρόθεσης-αποκλειστική (*intention-exclusive*) (IX)**: σημαίνει κάποιο κλειδώμα σε χαμηλότερο επίπεδο του δέντρου με αποκλειστικές ή διαμοιραζόμενες κλειδαριές.
  - **Διαμοιραζόμενη και πρόθεσης-αποκλειστικής (*shared and intention-exclusive*) (SIX)**: το υποδέντρο που βρίσκεται σε αυτόν τον κόμβο κλειδώνεται διαμοιραζόμενο και επίσης κάποια αποκλειστική κλειδαριά υπάρχει σε κάποιο χαμηλότερο επίπεδο.
- Τα κλειδώματα πρόθεσης επιτρέπουν σε έναν κόμβο ανώτερου επιπέδου να κλειδωθεί σε S ή X μορφή, χωρίς να χρειάζεται να ελεγχθούν όλοι οι απόγονοι-κόμβοι.





# Πρωτόκολλο

---

- Κάθε **xact** αποκτά το κατάλληλο κλειδί στο υψηλότερο επίπεδο
- φτάνει σε επιθυμητά χαμηλότερα επίπεδα
- Τα κλειδώματα πρόθεσης επιτρέπουν σ' ένα κόμβο υψηλότερου επιπέδου να κλειδωθεί σε S ή X μορφή χωρίς να πρέπει να ελεγχθούν όλοι οι απόγονοι-κόμβοι



# Πρωτόκολλο

---

- Μία δοσοληψία  $T_i$  μπορεί να κλειδώσει έναν κόμβο  $Q$ , χρησιμοποιώντας τους ακόλουθους κανόνες:
  1. Παρατηρείται ο πίνακας συμβατότητας κλειδωμάτων
  2. Η ρίζα του δένδρου πρέπει να κλειδωθεί πρώτη και μπορεί να κλειδωθεί με οποιοδήποτε τρόπο
  3. Ένας κόμβος  $Q$  μπορεί να κλειδωθεί από την  $T_i$  σε S ή IS μορφή μόνο εάν ο  $Q$  είναι κλειδωμένος από την  $T_i$  σε κάποια από την IX ή IS μορφή
  4. Ένας κόμβος  $Q$  μπορεί να κλειδωθεί από την  $T_i$  σε X, SIX ή IX μορφή μόνο εάν ο γονιός του  $Q$  είναι κλειδωμένος από την  $T_i$  σε IX ή SIX μορφή
  5. Η  $T_i$  μπορεί να κλειδώσει έναν κόμβο εάν δεν έχει ξεκλειδώσει προηγουμένως κανέναν κόμβο
  6. Η  $T_i$  μπορεί να ξεκλειδώσει τον  $Q$  μόνο εάν κανένα από τα παιδιά του  $Q$  δεν είναι κλειδωμένα από την  $T_i$ .
- **Να παρατηρηθεί ότι τα κλειδώματα λαμβάνουν χώρα από τη ρίζα προς τα φύλλα ενώ ελευθερώνονται με μία σειρά από τα φύλλα προς τη ρίζα**



# Πίνακας συμβατότητας

T2 ζητά T1 έχει	IS	IX	S	SIX	X
IS	t	t	t	t	f
IX	t	t	f	f	f
S	t	f	t	f	f
SIX	t	f	f	f	f
X	f	f	f	f	f



# Συμπεράσματα

---

- 'ACID' για δοσοληψίες
- συνδρομικότητα:
  - σειριοποιησιμότητα (γράφος προτεραιότητας)
  - μία (δημοφιλής) λύση: κλειδιά +
  - πρωτόκολλο κλειδώματος δύο φάσεων
  - πρωτόκολλα γράφων, πολλαπλή κλιμάκωση