Ασφάλεια συστημάτων βάσεων δεδομένων

- Η αξία της πληροφορίας είναι το κύριο «περιουσιακό στοιχείο» των πληροφοριακών συστημάτων
- Πάνω από το 90% των σύγχρονων πληροφοριακών συστημάτων περιλαμβάνει κάποιο είδος βάσης δεδομένων
- Η ασφάλεια των συστημάτων βάσεων δεδομένων αποκτά ιδιαίτερη σημασία

Συστήματα βάσεων δεδομένων

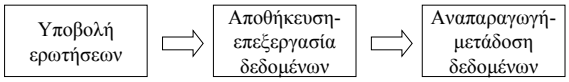
- Συστήματα βάσεων δεδομένων
  - οι ίδιες οι βάσεις δεδομένων
  - το λογισμικό που διαχειρίζεται τις βάσεις δεδομένων
    - » εκτελείται πάνω από το λειτουργικό σύστημα
    - » υλοποιεί τις ειδικές λειτουργίες που χρειάζονται
- Μοντέλα δεδομένων
  - σχεσιακό
  - αντικειμενοστραφές
  - ιεραρχικό
  - δικτυακό

Παράμετροι ασφάλειας

- Βασικές διαστάσεις
  - ακεραιότητα
  - έλεγχος προσπέλασης
  - εμπιστευτικότητα
  - διαθεσιμότητα
  - έλεγχος (audit) κ.λπ.
- Νέες διαστάσεις
  - διακριτότητα (granularity)
  - συμπερασμός ή έμμεση προσπέλαση (inference)
  - συνάθροιση (aggregation)
  - φιλτράρισμα (filtering)
  - καταγραφή (journaling)

Γενικές αρχές (1/2)

- Η βάση δεδομένων χρησιμοποιείται ως εργαλείο για αποθήκευση, επεξεργασία και μετάδοση των πληροφοριών



- Η αξιοπιστία της μετάδοσης ελέγχεται από ειδικά πρωτόκολλα που εγγυώνται
  - την ολοκλήρωση των δοσοληψιών (transactions)
  - την εφαρμογή κανόνων ακεραιότητας (integrity constraints)

Γενικές αρχές (2/2)

- Η ασφάλεια μιας βάσης δεδομένων πρέπει να λαμβάνει υπόψη το συνολικό περιβάλλον υλικού και λογισμικού που σχετίζεται μ' αυτή
- Η ακεραιότητα είναι βασική απαίτηση
  - αντοχή σε βλάβες υλικού και δυσλειτουργίες λογισμικού
  - τροποποιήσεις μόνο από εξουσιοδοτημένους χρήστες
  - αν υπάρχει παραβίαση ακεραιότητας, άμεση ενημέρωση του χρήστη
- Διαθεσιμότητα για τους εξουσιοδοτημένους χρήστες
- Οι έλεγχοι ορθότητας (audit) να είναι αναλυτικοί και διεξοδικοί, αλλά να μην επηρεάζουν την απόδοση
- Εμπιστευτικότητα – τα δεδομένα είναι διαθέσιμα μόνο σε εξουσιοδοτημένους χρήστες

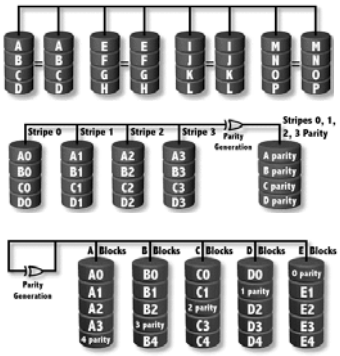
Απαιτήσεις ασφάλειας Συστημάτων ΒΔ

- Φυσική ακεραιότητα της βάσης
  - από πτώσεις τάσης, σφάλματα δίσκων κ.λπ.
- Λογική ακεραιότητα της βάσης
  - σε επίπεδο πεδίων (οι επί μέρους τιμές είναι σωστές)
  - σε συνδυαστικό επίπεδο (αναφορική ακεραιότητα, συνθήκες μεταξύ πεδίων, η μεταβολή ενός πεδίου δεν επηρεάζει τα άλλα εκτός αν αυτό έχει προβλεφθεί κ.ά.)
- Διακρίβωση ταυτότητας (αυθεντικοποίηση – user authentication)
  - η βάση δεδομένων αναγνωρίζει την ταυτότητα του χρήστη πριν του επιτρέψει την προσπέλαση
- Έλεγχος προσπέλασης
  - ανάλογα με την ταυτότητα του χρήστη δίνονται κατάλληλα δικαιώματα πρόσβασης σε υποσύνολα δεδομένων)
- Διαθεσιμότητα
  - οι εξουσιοδοτημένοι χρήστες μπορούν άμεσα να προσπελάσουν τα δεδομένα για τα οποία έχουν το σχετικό δικαίωμα

Φυσική ακεραιότητα της βάσης

- Διαδικασίες τήρησης εφεδρικών αντιγράφων
  - έμφαση στην τήρηση εφεδρικών αντιγράφων εν λειτουργία
  - Ιδιαίτερα επιθυμητή η ύπαρξη γρήγορων διαδικασιών ανάκαμψης
- Υποστήριξη διατάξεων πολλαπλών αντιγράφων των δεδομένων (RAID)
- Διαδικασίες για τον ασφαλή τερματισμό της λειτουργίας της βάσης δεδομένων

Διατάξεις RAID



Λογική ακεραιότητα της βάσης (1/4)

- Έλεγχος τιμών πεδίων
  - σε επίπεδο πεδίου ορισμού (ακέραιος, πραγματικός κ.ά.)
    - » `price number(6, 2)`
    - » `quantity number(5, 0)`
  - αποδοχή-μη αποδοχή τιμών null
    - » `customerId varchar(20) not null`
    - » `faxNo varchar(30)`
  - σε επίπεδο εύρους τιμών
    - » grade number(2) check(grade >= 0 and grade <= 10)
    - » isSecure char(1) check(isSecure = 'y' or isSecure = 'n')

Λογική ακεραιότητα της βάσης (2/4)

- Έλεγχος σχέσης πεδίων
  - `check (endDate is NULL or endDate > startDate)`
- Έλεγχος μοναδικότητας τιμών
  - `customerId number(10, 0) unique`
  - `countryId varchar(3), passportNo varchar(10) primary key(countryId, passportNo)`
- Έλεγχος αναφοράς τιμών
  - `countryId varchar(3) references coyntry(countryId)`
  - `foreign key(countryId, passportNo) references immigrant(countryId, passportNo) on update cascade`
- Έλεγχος μεταβάσεων
  - ελέγχεται τόσο η τρέχουσα όσο και η νέα κατάσταση των δεδομένων
    - » `if (new.salary / old.salary > 1.2) then raise_application_error(100, 'only raises up to 20% are allowed')`

Λογική ακεραιότητα της βάσης (3/4)

- Εξασφάλιση της ακεραιότητας μέσω δοσοληψιών

```
begin transaction;
  update account set balance = balance – :amount
   where accountId = :account1;
  update account set balance = balance + :amount
   where accountId = :account2;
end transaction;
```

  - Ημερολόγια αναίρεσης ή επανάληψης ενεργειών με πρότερη ή ύστερη εγγραφή δεδομένων
- Εξασφάλιση της ακεραιότητας μέσω ελέγχου ταυτοχρονισμού
  - `select sum(balance) from account;`
  - `update account set balance = balance + interest, interest = 0`
  - Κλειδώματα δεδομένων ή χρήση χρονοσήμων

Λογική ακεραιότητα της βάσης (4/4)

- Οι περισσότεροι έλεγχοι συνέπειας μπορούν να διενεργηθούν άμεσα (άμεσοι έλεγχοι – immediate checks)
  - π.χ. περιοχή τιμών πεδίου
- Ορισμένοι έλεγχοι μπορούν να διενεργηθούν μόνο στο τέλος των δοσοληψιών (μεταχρονολογημένοι έλεγχοι – deferred checks)
  - π.χ. μία εταιρεία πρέπει να έχει πάντα *ακριβώς έναν* εργαζόμενο με θέση *πρόεδρος*. Τι συμβαίνει στην αλλαγή προέδρου;
    - » `select count(*) into :numPresidents from employee where position = 'President';`
      `if (:numPresidents <> 1) then /* error */ ...`
    - » `update employee set position = 'Retired' where position = 'President';`
    - » `update employee set position = 'President' where empId = :newPresident;`
  - Οι μεταχρονολογημένοι έλεγχοι διενεργούνται κατά την επικύρωση της οικείας δοσοληψίας

Διακρίβωση ταυτότητας χρηστών (1/3)

- Διακρίβωση με όνομα χρήστη-συνθηματικό
  `create user auser identified by apassword;`
  - Το ΣΔΒΔ φυλάσσει την αντιστοιχία μεταξύ ονόματος χρήστη και συνθηματικού
  - Ο χρήστης κατά τη σύνδεσή του οφείλει να παρουσιάσει το συνδυασμό των διαπιστευτηρίων σύνδεσης
  - Δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει οποιαδήποτε συσχέτιση μεταξύ των διαπιστευτηρίων για το λειτουργικό σύστημα και των διαπιστευτηρίων της βάσης
  - Χρήσιμη τεχνική όταν το λειτουργικό σύστημα έχει «χαλαρούς» μηχανισμούς διακρίβωσης ταυτότητας (π.χ. Windows 98) ή όταν πραγματοποιούνται συνδέσεις μέσω δικτύου στη Β.Δ.

Διακρίβωση ταυτότητας χρηστών (2/3)

- Διακρίβωση ταυτότητας χρήστη από το λειτουργικό σύστημα
  `create user auser identified externally;`
  - Το ΣΒΔ επαφίεται στο λειτουργικό σύστημα για τη διακρίβωση ταυτότητας
  - Οι χρήστες δεν είναι απαραίτητο να γνωρίζουν πρόσθετα ονόματα χρηστών ή συνθηματικά πέρα από αυτά που χρησιμοποιούν για τη σύνδεση με το σύστημα
  - Ο χρήστης της βάσης πρέπει να έχει λογαριασμό στο λειτουργικό σύστημα
  - Πρέπει να χρησιμοποιείται ΜΟΝΟ όταν το λειτουργικό σύστημα έχει επαρκώς αξιόπιστους μηχανισμούς διακρίβωσης ταυτότητας

Διακρίβωση ταυτότητας χρηστών (3/3)

- Διακρίβωση ταυτότητας χρήστη μέσω καθολικής υπηρεσίας διακρίβωσης ταυτότητας (X509, DCE, Kerberos, LDAP κ.λπ.)
  - Το ΣΒΔ συνεργάζεται την υπηρεσία για τη διακρίβωση της ταυτότητας του χρήστη
  - Προωθεί τη χρήση κεντρικού σημείου φύλαξης διαπιστευτηρίων σύνδεσης

Έλεγχος προσπέλασης

- Βάσει της διακριβωμένης ταυτότητάς τους οι χρήστες έχουν συγκεκριμένα προνόμια όπως καθορίζονται από την πολιτική ασφάλειας
  - προνόμια συνολικά επί του συστήματος
  - προνόμια επί συγκεκριμένων αντικειμένων
    - » κατ' επιλογήν έλεγχος προσπέλασης (discretionary access control)
    - » υποχρεωτικός έλεγχος προσπέλασης (mandatory access control)

Έλεγχος προσπέλασης – προνόμια συστήματος

- Προνόμια που καθορίζουν τις γενικές δυνατότητες που έχει ο χρήστης σε σχέση με το σύστημα βάσεων δεδομένων
  - Δυνατότητα δημιουργίας συνόδου (create session), δυνατότητα χρήσης πόρων (resource), δυνατότητα δημιουργίας πινάκων (create table), δυνατότητα δημιουργίας δεικτών (create index), δυνατότητα δημιουργίας διαδικασιών (create procedure)
  - Όρια χρήσης χώρου σε ενότητες αποθήκευσης (quota)
  - Όρια χρόνου εκτέλεσης ερωτήσεων, όρια εισόδου-εξόδου)
- Τα προνόμια παραχωρούνται με την εντολή grant, ανακαλούνται με την εντολή revoke – τα όρια καθορίζονται με την παράμετρο quota της εντολής alter
  - `grant create session to user1;`
  - `grant create table to user1 with admin option;`
  - `revoke create table from user1;`
  - `alter user user1 quota 20M on users;`

Έλεγχος προσπέλασης – προνόμια επί συγκεκριμένων αντικειμένων (1/4)

- Η γλώσσα SQL υποστηρίζει άμεσα τον κατ' επιλογήν έλεγχο προσπέλασης
  - ο δημιουργός ενός αντικειμένου είναι ο *ιδιοκτήτης* του αντικειμένου
  - ο ιδιοκτήτης έχει όλα τα δικαιώματα επί του αντικειμένου και μπορεί επίσης να *παραχωρεί* προνόμια σε άλλους χρήστες ή να τους *αφαιρεί* τα παραχωρηθέντα
  - τα συγκεκριμένα δικαιώματα εξαρτώνται από τη φύση του αντικειμένου
    - » πίνακες: επιλογή, εισαγωγή, διαγραφή, ενημέρωση, τροποποίηση, δημιουργία δεικτών, δημιουργία αναφορών
    - » όψεις: επιλογή, εισαγωγή, διαγραφή, ενημέρωση, τροποποίηση
    - » διαδικασίες: εκτέλεση
    - » δείκτες: αλλαγή δομής αποθήκευσης

Έλεγχος προσπέλασης – προνόμια επί συγκεκριμένων αντικειμένων (2/4)

- Εντολές grant και revoke
  - grant select, delete on table1 to user1;
  - grant insert on table1(col1, col2, col3) to user1;
  - grant update on table1(col3) to public;
  - grant select on table1 to user2 with grant option;
  - revoke select on table1 from user2;
  - grant references on table1(col1) to user1, user2;
  - Η παροχή προνομίου insert που δεν περιλαμβάνει όλες τις υποχρεωτικές στήλες είναι άσκοπη
- Οι προσδιορισμοί select, delete δεν επιδέχονται καθορισμό στηλών
  - Για παραχώρηση προνομίου επιλογής σε συγκεκριμένες στήλες πρέπει να δημιουργηθεί όψη

Έλεγχος προσπέλασης – προνόμια επί συγκεκριμένων αντικειμένων (3/4)

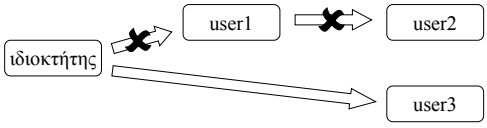
- Χρήση όψεων για ασφάλεια
  - ```
    create view view1 as select col1, col2, col3
    from table1;
    grant select on view1 to user1;
    ```
  - ```
    create view technicians as
    select empId, empName, empPhone from employee
    where empType = 'Technician';
    grant select, delete, update(empPhone)
    on technicians
    to techmanager;
    ```
  - ```
    create view mysalary as
    select empId, salary from employee
    where empid = userid();
    grant select on mysalary to public;
    ```

Έλεγχος προσπέλασης – προνόμια επί συγκεκριμένων αντικειμένων (4/4)

- Δικαίωμα εκτέλεσης σε διαδικασίες
  - `grant execute on procedure1 to user1, user2;`
  - Οι διαδικασίες μπορούν να ενσωματώνουν οποιουσδήποτε ελέγχους μπορεί να εκφράσει η σχετική γλώσσα
  - Μία διαδικασία κατά την εκτέλεσή της μπορεί να προσπελάσει τα αντικείμενα που έχει δικαίωμα να προσπελάσει ο ιδιοκτήτης της διαδικασίας
  - Είναι συνήθης πρακτική να μην παρέχονται προνόμια απ' ευθείας σε πίνακες αλλά να δημιουργούνται οι σχετικές διαδικασίες και να παραχωρούνται προνόμια εκτέλεσης σ' αυτές
  - Οι διαδικασίες μπορούν να τηρούν αρχεία καταγραφής ενεργειών

Ανάκληση των προνομίων

- Ο ιδιοκτήτης ενός αντικειμένου παραχωρεί στον χρήστη user1 συγκεκριμένα προνόμια με δικαίωμα περαιτέρω παραχώρησης τους
- Ο χρήστης user1 παραχωρεί τα προνόμια σε άλλους χρήστες user2, user3 κ.λπ.
- Κατόπιν ο ιδιοκτήτης του αντικειμένου ανακαλεί τα προνόμια από τον χρήστη user1
  - το σύστημα πρέπει να ανακαλέσει τα προνόμια από τους χρήστες user2, user3 κ.λπ.



Διαχείριση προνομίων με ρόλους

- Ρόλος: διαχειριστική οντότητα στην οποία παραχωρούνται προνόμια
- Οι χρήστες είναι δυνατόν να συσχετίζονται με ρόλους
- χρήστης που έχει συσχετισθεί με ρόλο αποκτά αυτόματα όλα τα προνόμια που έχουν παραχωρηθεί στον ρόλο
  - Η συσχέτιση μπορεί να είναι άνευ συνθήκης, όταν γίνεται από τον διαχειριστή ή να προαπαιτεί τη γνώση συνθηματικού από τον χρήστη
- Η τροποποίηση των προνομίων που έχουν παραχωρηθεί σε κάποιο ρόλο οδηγεί στην αυτόματη τροποποίηση των δικαιωμάτων όλων των χρηστών που έχουν συσχετισθεί με τον ρόλο αυτό
  - `create role personnel not identified;`
  - `create role accountant identified by secret;`
  - `grant all on tbl1, tbl2, tbl3 to personnel;`
  - `grant all on tbl1, tbl5, tbl6 to accountant;`
  - `grant personnel to user1, user2;`
  - `grant accountant to user1, user3, user5;`
  - `set role accountant identified by secret;`
  - `revoke accountant from user3;`
  - `revoke update, delete on tbl1 from accountant;`

Ευαίσθητα δεδομένα

- Δεδομένα τα οποία δεν πρέπει να αποκαλυφθούν
  - εξαρτάται από τη βάση δεδομένων και τη σημασιολογία των δεδομένων
    - » π.χ. ο Χρυσός οδηγός δεν περιέχει ευαίσθητες πληροφορίες
    - » το αρχείο καινοτόμων προϊόντων μιας εταιρίας είναι εξ ολοκλήρου απόρρητο
    - » Πιο δύσκολες είναι οι ενδιάμεσες καταστάσεις
  - Παράδειγμα: έστω βάση δεδομένων φοιτητών
    - » το όνομα και η διεύθυνση δεν είναι ευαίσθητα
    - » η οικονομική βοήθεια και το ιατρικό ιστορικό είναι απόρρητα
    - » το φύλλο, η ηλικία και η φυλή είναι στο ενδιάμεσο
    - » *Όλοι θα έχουν πρόσβαση σε όνομα και διεύθυνση, κάποιοι στο φύλλο, ηλικία & φυλή, ελάχιστοι στην οικονομική βοήθεια & το ιατρικό ιστορικό*
    - » Η πολιτική ασφάλειας μπορεί να ορίζουν ότι κανείς δεν πρέπει να έχει πρόσβαση σε *όλα* τα στοιχεία
    ```

Καθορισμός ευαισθησίας δεδομένων

- Τα δεδομένα μπορεί να είναι ευαίσθητα:
  - *εκ της φύσεως τους:* η τοποθεσία των οπλικών συστημάτων ή το μέσο εισόδημα των πεταλωτών αλόγων σε μία πόλη με μόνο έναν πεταλωτή
  - *λόγω της πηγής τους:* η αποκάλυψη συγκεκριμένων δεδομένων μπορεί να καταδείξει την πηγή της πληροφορίας, η οποία πρέπει να παραμείνει μυστική
  - *ρητώς χαρακτηρισμένα:* π.χ. διαβαθμισμένα στρατιωτικά μυστικά
  - *τμήμα ευαίσθητου δεδομένου ή ευαίσθητης εγγραφής*: ο βασικός μισθός ενός εργαζόμενου (τμήμα της μισθοδοσίας) ή μια εγγραφή που περιγράφει μία απόρρητη αποστολή
  - *απόρρητο λόγω πληροφοριών που αποκαλύφθηκαν προηγουμένως:* αν αποκαλυφθεί το γεωγραφικό πλάτος ενός ορυχείου δεν πρέπει να αποκαλυφθεί το γεωγραφικό μήκος

Είδη αποκαλύψεων (1/2)

- *Αποκάλυψη επακριβών τιμών:* η πιο σοβαρή περίπτωση όπου τα ευαίσθητα δεδομένα αποκαλύπτονται
- *Αποκάλυψη ορίων:* αποκαλύπτεται ότι για την τιμή ενός ευαίσθητου δεδομένου x ισχύει $min \leq x \leq max$
  - ιδιαίτερα επικίνδυνο αν μπορεί να αξιοποιηθεί αναδρομικά αποκαλύπτοντας ότι $min \leq x \leq (min + max) / 2$ κ.ο.κ.
  - η αποκάλυψη και μόνο ότι το πλήθος γιατρών με ειδίκευση στον βιολογικό πόλεμο είναι πάνω από ένα όριο είναι εν δυνάμει επικίνδυνη
- *Αρνητικός συμπερασμός:* η άντληση της πληροφορίας ότι κάποιο ευαίσθητο δεδομένο *δεν* έχει κάποια τιμή
  - *π.χ. πλήθος καταδικών για κακουργήματα διαφορετικό από μηδέν* – η διαφορά μεταξύ 99 και 100 είναι αδιάφορη, από 0 σε 1 σημαντική
  - η αποκάλυψη ότι κάποιος φοιτητής δεν αποφοίτησε με άριστα είναι λιγότερο σημαντική – το δυνατό εύρος τιμών 5.00 – 8.49 είναι ιδιαίτερα μεγάλο

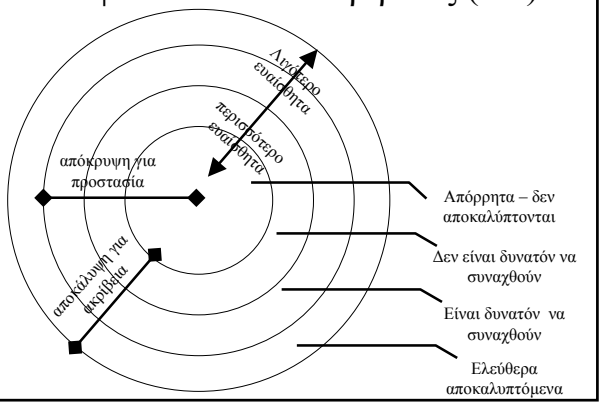
Είδη αποκάλυψης (2/2)

- *Ύπαρξη:* η αποκάλυψη ότι συνολικά *υπάρχει* ένα είδος πληροφορίας μπορεί να είναι σημαντική
  - πεδίο *πολιτικά φρονήματα* στη βάση δεδομένων προσωπικού
- *Πιθανή τιμή:* συμπερασμός ότι κάποιο δεδομένο έχει συγκεκριμένη τιμή
  - *ερώτηση1:* πόσοι κατοικούν στη διεύθυνση «Αρίων 03»; → 3
  - *ερώτηση2:* πόσοι κατοικούν στη διεύθυνση «Αρίων 03» *και* έχουν καταδικασθεί για φοροδιαφυγή; → 1

Ασφάλεια έναντι ακρίβειας (1/2)

- Η απόλυτη ασφάλεια επιτυγχάνεται αν δεν αποκαλύπτονται καθόλου ευαίσθητα δεδομένα
- Οι χρήστες πιθανώς θα ήθελαν τα δεδομένα για παραδεκτούς λόγους που δεν διακυβεύουν την ασφάλεια
  - » π.χ. βαθμοί και ιατρικό ιστορικό των φοιτητών για ιατρικές μελέτες
  - » λίστα μισθών και φύλλου για στατιστική
  - οι ερωτήσεις δεν αποκαλύπτουν ταυτότητες υποκειμένων

Ασφάλεια έναντι ακρίβειας (2/2)



Το πρόβλημα του συμπερασμού

- Αποκάλυψη ευαίσθητων δεδομένων διαμέσου μη ευαίσθητων δεδομένων

Name	Address	Sex	Race	Age	FinAid	Drugs
Adams	Holmes	M	C	32	5000	1
Bailey	Grey	M	B	28	0	0
Chin	West	F	A	27	3000	0
Dewitt	Grey	M	B	28	1000	3
Earhart	Holmes	F	C	31	2000	1
Fein	West	F	C	26	1000	0
Groff	West	M	C	34	4000	3
Hill	Holmes	F	B	23	5000	2
Koch	West	F	C	21	0	1
Liu	Grey	F	A	28	0	2
Majors	Grey	M	C	22	2000	2

Ευθεία επίθεση για συμπερασμό

- Άμεση αναφορά σε ευαίσθητα δεδομένα στη συνθήκη επιλογής
  - `select name from students where sex = 'M' and drugs = 1`
  - Η απαίτηση χρήσης μη ευαίσθητων δεδομένων στη συνθήκη επιλογής δεν αντιμετωπίζει το πρόβλημα
  - ```
    select name from students
    where (sex = 'M' and drugs = 1) OR
           (sex <> 'M' and sex <> 'F') OR
           (address = 'ATX0NN@45Q!46')
    ```
  - Κανόνας *ν αντικείμενα άνω του κ%:* δεν δίνεται απάντηση αν μικρό πλήθος αντικειμένων αποτελούν μεγάλο ποσοστό της απάντησης
    - » πιο ισχυρό από το *περισσότερες από ν γραμμές απάντησης*

Έμμεση επίθεση για συμπερασμό

- Διάφοροι οργανισμοί επιτρέπουν μόνο εξαγωγή «ουδέτερων» στατιστικών μεγεθών (πλήθος, μέσος όρος, άθροισμα) – όχι συγκεκριμένες τιμές
- Συμπερασμός συγκεκριμένων τιμών διαμέσου ενδιάμεσων αποτελεσμάτων

Έμμεση επίθεση με αθροίσματα

- Συμπερασμός στοιχείων μέσω κατάλληλα διαμορφωμένων αθροισμάτων
  - Σύνολο οικονομικής ενίσχυσης κατά φύλο και κατοικία

	Holmes	Grey	West	Σύνολο
M	5000	3000	4000	12000
F	7000	0	4000	11000
Σύνολο	12000	3000	8000	23000

Καμία γυναίκα που μένει στο Grey δεν λαμβάνει οικονομική ενίσχυση

Έμμεση επίθεση με πληθάριθμους

- Συνήθως σε συνδυασμό με αθροίσματα
  - Πλήθος ατόμων ανά διεύθυνση διαμονής και φύλο

	Holmes	Grey	West	Σύνολο
M	1	3	1	5
F	2	1	3	6
Σύνολο	3	4	4	11

Σε συνδυασμό με τον προηγούμενο πίνακα δίνει επακριβώς την οικονομική ενίσχυση. Τα ονόματα μπορούν να βρεθούν, μια και είναι αδιαβάθμητα στον βασικό πίνακα

Έμμεση επίθεση με μέσους όρους

- Για να αποκαλύψουμε την τιμή ενός ευαίσθητου δεδομένου A της εγγραφής r, χρειαζόμαστε δύο σύνολα X και Y τέτοια ώστε:
  1. $X \cap Y = \{r\}$
  2. ελάχιστος(X, A) = μέγιστος(Y, A)
  3. $t[A] \neq t'[A]\ \forall t, t' \in X \cup Y, t \neq t'$

  τότε r[A] = ελάχιστος(X, A). Η επίθεση καλείται επίθεση με διαμέσους διότι η εγγραφή βρίσκεται στο «μέσον» των δύο συνόλων.

Επιθέσεις μέσω ερωτήσεων εντοπισμού

- Συστήματα πιθανώς να αρνηθούν να δώσουν απαντήσεις αν το πλήθος των εγγραφών που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό είναι μικρότερο από ένα όριο
  - Αντί να υποβάλλουμε ερώτηση που δίνει στοιχεία για ένα αντικείμενο, υποβάλλουμε ερώτηση που επιστρέφει *ν-1* αντικείμενα και ερώτηση που επιστρέφει *ν* αντικείμενα
  - Η διαφορά είναι η τιμή του ευαίσθητου δεδομένου που αναζητούμε
- Παράδειγμα:

  … where (sex = F) and (race = C) and (address = Holmes)

  μετασχηματίζεται σε

  ... where (sex = F)

  μείον

  … where (race = F) and ((race <> C) or (address <> Holmes))
    ```

Γραμμική ευπάθεια συστημάτων

- Γενίκευση των ερωτήσεων εντοπισμού

$$q_1 = c_1 + c_2 + c_3 + c_4 + c_5$$
$$q_1 = c_1 + c_2 + c_4$$
$$q_1 = c_3 + c_4$$
$$q_1 = c_4 + c_5$$
$$q_1 = c_2 + c_5$$

- Καμία ερώτηση δεν αποκαλύπτει μεμονωμένη τιμή
- Λύνοντας το γραμμικό σύστημα βρίσκουμε όλες τις τιμές

Συνάθροιση

- Συλλογή στοιχείων από διαφορετικές βάσης δεδομένων ή διαφορετικούς χρήστες και κατόπιν συγκερασμός των αποτελεσμάτων
- Ιδιαίτερο ενδιαφέρον μετά την εμφάνιση τεχνολογιών εξόρυξης δεδομένων

Αντιμετώπιση συμπερασμού

- Δύο μέθοδοι:
  - Έλεγχος των ερωτήσεων – η ερώτηση δεν πρέπει να αποκαλύπτει ευαίσθητα δεδομένα
    - » Δύσκολο να καθορισθεί αν αποκαλύπτονται ευαίσθητα δεδομένα ή όχι
    - » Κυρίως χρήσιμη έναντι της ευθείας επίθεσης
  - Έλεγχος σε επίπεδο μεμονωμένου στοιχείου βάσης δεδομένων
    - » *Απόκρυψη*(suppression) – ερωτήσεις που βασίζονται σε ευαίσθητα δεδομένα απορρίπτονται και δεν δίνεται απάντηση
    - » *Παραλλαγή (concealing)* – όταν χρειάζεται τιμή ευαίσθητου δεδομένου το σύστημα επιστρέφει μία τιμή *κοντά* αλλά όχι *ακριβώς ίση* με την πραγματική τιμή
  - Η απόκρυψη δίνει ακριβή αποτελέσματα όταν απαντά, αλλά απορρίπτει πολλές ερωτήσεις
  - Η παραλλαγή δίνει λιγότερο ακριβή αποτελέσματα, αλλά απαντά σε περισσότερες ερωτήσεις
  - Η επιλογή εξαρτάται από τη σημασιολογία της Β.Δ.

Παραδείγματα

- Απόκρυψη αποκαλυπτικών απαντήσεων
  - Πλήθος ατόμων ανά διεύθυνση διαμονής και φύλο

	Holmes	Grey	West	Σύνολο
M	1	3	1	5
F	2	1	3	6
Σύνολο	3	4	4	11

- Η απόκρυψη μόνο των κελιών με «1» δεν ωφελεί – μπορούν να συναχθούν αφαιρώντας από το σύνολο το άλλο κελί της στήλης
- Αν παρουσιάζονται αθροίσματα πρέπει να αποκρυφθούν *τουλάχιστον δύο* κελιά ανά στήλη/γραμμή– αν όχι, ένα κελί αρκεί

Παραδείγματα

- *Συνδυασμός αποτελεσμάτων* - στήλες ή γραμμές συγχωνεύονται για να διασφαλισθεί η ασφάλεια των δεδομένων
  - Π.χ. πλήθος ατόμων ανά φύλο και κατηγορία ιατρικού ιστορικού

	0	1	2	3
M	1	1	1	2
F	2	2	2	0

→

	0 - 1	2-3
M	2	3
F	4	2

- Παρουσίαση τιμών σε περιοχές
  - π.χ. αντί να δίνονται ακριβή στοιχεία για την οικονομική βοήθεια, δίνονται στοιχεία για τις περιοχές 0-1999, 2000-3999 και ≥4000
- Στρογγύλευση τιμών
  - αντί να χρησιμοποιούνται οι ακριβείς τιμές, στρογγυλεύονται πρώτα π.χ. στην πλησιέστερη δεκάδα

Παραδείγματα

- Υπολογισμός βάσει τυχαίου δείγματος
  - Η απάντηση δεν υπολογίζεται έναντι όλης της βάσης δεδομένων αλλά έναντι ενός τυχαίου δείγματος
  - Το δείγμα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλο και αντιπροσωπευτικό για να δώσει έγκυρα αποτελέσματα
  - Αχρηστεύει τους συμπερασμούς με μέσο όρο διότι δεν χρησιμοποιείται πάντα το ίδιο δείγμα
- Εισαγωγή τυχαίου «θορύβου»
  - Σε κάθε στοιχείο της βάσης προστίθεται ένα τυχαίο σφάλμα ε με $-E \le \varepsilon \le E$
  - Στατιστικώς το αποτέλεσμα δεν επηρεάζεται
- Μνήμη αποτελεσμάτων ερωτήσεων
  - Απομνημόνευση των συνόλων που συνθέτουν την απάντηση σε ερωτήσεις και απαγόρευση εμφάνισης απαντήσεων που βασίζονται σε *παραπλήσια* σύνολα

Υποχρεωτικός έλεγχος προσπέλασης με πολυεπίπεδη ασφάλεια

- Υποχρεωτικός έλεγχος προσπέλασης: κάθε δεδομένο έχει μία διαβάθμιση και κάθε χρήστης ένα επίπεδο εξουσιοδότησης
  - Η ανάγνωση επιτρέπεται *μόνο* αν η εξουσιοδότηση του χρήστη είναι *μεγαλύτερη ή ίση* από τη διαβάθμιση του δεδομένου
  - Η εγγραφή επιτρέπεται *μόνο* αν η εξουσιοδότηση του χρήστη είναι *μικρότερη ή ίση* από τη διαβάθμιση του δεδομένου
  - παραδείγματα διαβάθμισης-εξουσιοδότησης: (*άκρως απόρρητο, απόρρητο, εμπιστευτικό, αδιαβάθμητο)*

Διακριτότητα χαρακτηρισμών ασφάλειας

- Ο χαρακτηρισμός ασφάλειας για τα δεδομένα εφαρμόζεται:
  - σε επίπεδο πλειάδας
    - » η πλειάδα που περιγράφει την *Επιχείρηση Moonraker* είναι άκρως απόρρητη, αυτή που περιγράφει την *Καθαροί δρόμοι 2003* είναι αδιαβάθμητη
  - Σε επίπεδο γνωρίσματος (attribute)
    - » Το γνώρισμα *προϋπολογισμός* για την πλειάδα *ειδικά κονδύλια υπουργείου Άμυνας* είναι άκρως απόρρητο – το ίδιο γνώρισμα για την πλειάδα *συνδετήρες και συρραπτικά υπουργείου Άμυνας* είναι αδιαβάθμητο
  - Σε επίπεδο *συνδυασμού γνωρισμάτων*
    - » Έστω γνωρίσματα *εργοδότης* και *θέση* με δυνατές τιμές (Ocean Travel, CIA) και (*γραμματέας, πράκτορας, διευθυντής*). Το κάθε γνώρισμα είναι εμπιστευτικό, ο *συνδυασμός τους* είναι άκρως απόρρητος
  - Σε επίπεδο στατιστικών μεγεθών
    - » μέσοι όροι, μέγιστα, ελάχιστα, αθροίσματα μπορεί να έχουν διαφορετικό επίπεδο διαβάθμισης από τα επί μέρους στοιχεία βάσει των οποίων υπολογίζονται – π.χ. ο συνολικός προϋπολογισμός του υπουργείου Εθνικής Άμυνας είναι αδιαβάθμητος, το κονδύλι που κατανέμεται στα πυρηνικά όπλα είναι άκρως απόρρητο. Οι επί μέρους προμήθειες καυσίμων για τους πυραύλους είναι εμπιστευτικές

Γενικό σχήμα για πολυεπίπεδη ασφάλεια

- Συμπλήρωση σχήματος σχέσης με χαρακτηρισμό ασφάλειας ανά γνώρισμα και ανά πλειάδα
  - $R(A_1, C_1, A_2, C_2, \ldots, R_n, C_n, C_T)$
  - $C_T \geq C_i, 1 \leq i \leq n$
- *Φαινόμενο κλειδί:* τα γνωρίσματα που θα αποτελούσαν το πρωτεύον κλειδί της σχέσης σε περιβάλλον χωρίς πολυεπίπεδη ασφάλεια
- Τα περιεχόμενα της βάσης παρουσιάζονται διαφορετικά σε χρήστες με διαφορετικό επίπεδο εξουσιοδότησης – διαδικασία *φιλτραρίσματος*

Παράδειγμα

- Σχέση Εργαζόμενος

Όνομα		Μισθός		Θέση		C_T
Moneypenny	U	5000	C	Secretary	U	C
Bond, James	C	7000	S	Secret Agent	TS	TS

- Επιλογή από χρήστη με επίπεδο εξουσιοδότησης *C*

Όνομα		Μισθός		Θέση		C_T
Moneypenny	U	5000	C	Secretary	U	C
Bond, James	C	null	C	null	C	C

- Επιλογή από χρήστη με επίπεδο εξουσιοδότησης *U*

Όνομα		Μισθός		Θέση		C_T
Moneypenny	U	null	U	Secretary	U	U

Πολυστιγμιοτυπία

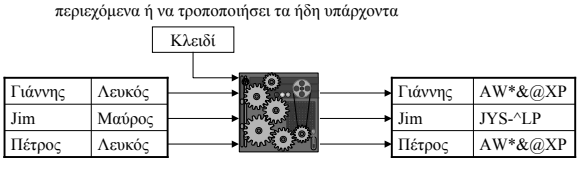
- Χρήστης με επίπεδο εξουσιοδότησης *U* εισάγει την πλειάδα ('Bond, James', U, 6000, U, 'Commander', U, U)
  - Αν το σύστημα απορρίψει την εισαγωγή «προδίδει» την ύπαρξη μιας πλειάδας με υψηλότερο επίπεδο ασφάλειας
  - Τελικά καταλήγουμε σε ύπαρξη περισσοτέρων πλειάδων με διαφορετικά επίπεδα ασφάλειας
  - Αντίστοιχα αν ο ίδιος χρήστης επιχειρήσει να ενημερώσει τον μισθό της Moneypenny

Όνομα		Μισθός		Θέση		C_T
Moneypenny	U	5000	C	Secretary	U	C
Bond, James	C	7000	S	Secret Agent	TS	TS
Bond, James	U	6000	U	Commander	U	U
Moneypenny	U	4000	U	Secretary	U	U

- Η πολυστιγμιοτυπία εισάγει απρόβλεπτο βαθμό πλεονασμού

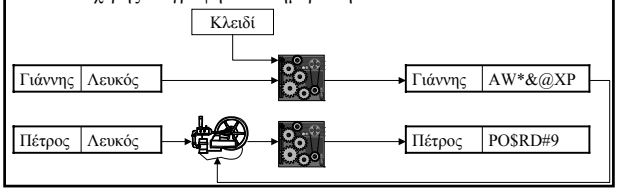
Τεχνικές σε ασφαλείς βάσεις δεδομένων – Κρυπτογραφία (1/2)

- Κρυπτογραφία – κρυπτογράφηση των ευαίσθητων δεδομένων ώστε να μην είναι χρήσιμα σε μη εξουσιοδοτημένα άτομα, ακόμη και αν αποκαλυφθούν
- Χρήση του ίδιου κλειδιού για κρυπτογράφηση όλων των εγγραφών
  - για πεδία με μικρό πλήθος διακριτών τιμών, είναι εύκολο να βρεθεί η αντιστοιχία μεταξύ κρυπτογραφημένου και μη κρυπτογραφημένου κειμένου (επίθεση με επιλεγμένο μη κρυπτογραφημένο κείμενο)
  - Με γνωστή την αντιστοιχία ο «κακός» μπορεί να αποκωδικοποιήσει τα περιεχόμενα ή να τροποποιήσει τα ήδη υπάρχοντα



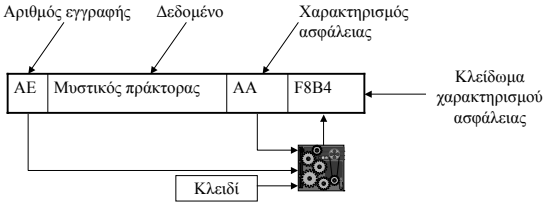
Τεχνικές σε ασφαλείς βάσεις δεδομένων – Κρυπτογραφία (2/2)

- Χρήση διαφορετικού κλειδιού για κάθε εγγραφή
  - απαιτείται σχήμα δημιουργίας-αποθήκευσης-ανάκτησης κλειδιών, επιπλέον αποθηκευτικός χώρος και πρόσθετη επιβάρυνση εισόδου εξόδου
- Αλυσιδωτή κρυπτογράφηση
  - δεν κρυπτογραφείται η ίδια η τιμή του γνωρίσματος As της εγγραφής v+1, αλλά το f(As[v+1], cipher(As[v]))
  - απαιτείται να διαβαστούν και να αποκρυπτογραφηθούν όλες οι προηγούμενες εγγραφές
- – δυσχερής διαγραφή και ενημέρωση



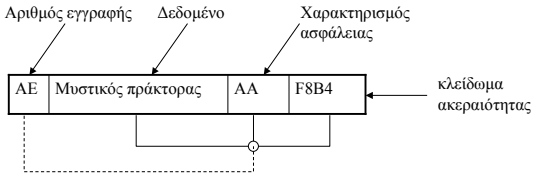
Τεχνικές σε ασφαλείς βάσεις δεδομένων – Κλείδωμα χαρακτηρισμού ασφάλειας

- Προστασία του χαρακτηρισμού ασφάλειας από τροποποίηση
- Συνάρτηση μοναδικού προσδιοριστή (π.χ. αριθμός εγγραφής), χαρακτηρισμού ασφάλειας και κρυπτογραφικού κλειδιού



Τεχνικές σε ασφαλείς βάσεις δεδομένων – Κλείδωμα ακεραιότητας

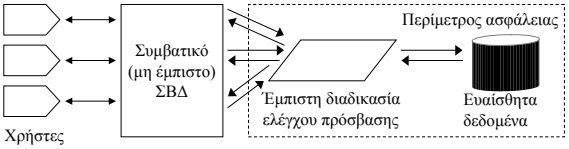
- Κάθε ευαίσθητο δεδομένο έχει το χαρακτηρισμό επιπέδου ευαισθησίας που φυλάσσεται μαζί με αυτό
- Η τιμή του δεδομένου φυλάσσεται σε μη κρυπτογραφημένη μορφή για λόγους απόδοσης
- Υπολογίζεται ένα άθροισμα ελέγχου πάνω στο ζεύγος (τιμή, χαρακτηρισμός ασφάλειας) που διαφυλάσσει ότι δεν θα τροποποιηθούν αυθαίρετα τα στοιχεία



Σχεδιασμός πολυεπίπεδης ασφάλειας σε βάσεις δεδομένων

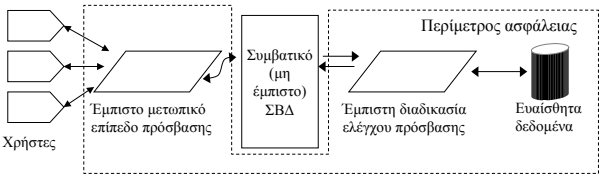
- Βέλτιστη λύση: πλήρης ενσωμάτωση πολυεπίπεδων χαρακτηριστικών στο ΣΒΔ
- Ημιβέλτιστες λύσεις:
  - Κλείδωμα ακεραιότητας με έμπιστη διαδικασία ελέγχου πρόσβασης (trusted access controller)
  - Έμπιστο μετωπικό επίπεδο πρόσβασης (trusted front end)
  - Φίλτρα περιορισμού (commutative filters)
  - Κατανεμημένες-ομόσπονδες βάσεις δεδομένων
  - Παράθυρα-όψεις

Έμπιστη διαδικασία ελέγχου πρόσβασης



- Πρώτη προσέγγιση: χρήση συμβατικού ΣΒΔ με κρυπτογράφηση δεδομένων, κρυπτογράφηση χαρακτηρισμού ασφάλειας και κλείδωμα ακεραιότητας. Εισαγωγή μιας έμπιστης διαδικασίας που χειρίζεται τον έλεγχο πρόσβασης μόνο αυτή μπορεί να αποκρυπτογραφήσει τα ευαίσθητα δεδομένα
  - καμία βελτιστοποίηση στην αποθήκευση των χαρακτηρισμών ασφάλειας – αποθήκευση για κάθε δεδομένο, απαιτείται πολύς χώρος
  - απαιτείται πολύς χρόνος για την αποκρυπτογράφηση δεδομένων και χαρακτηρισμών ασφάλειας και την κρυπτογράφηση κατά την εισαγωγή/ενημέρωση
    - αν το αρχείο αποθήκευσης είναι επαρκώς προστατευμένο, μπορεί να μην απαιτείται κρυπτογράφηση
  - ο *αδύναμος κρίκος* στην ασφάλεια είναι το συμβατικό ΣΒΔ – αυτό μπορεί να καλέσει την έμπιστη διαδικασία ελέγχου πρόσβασης

Έμπιστο μετωπικό επίπεδο πρόσβασης



- Στην αρχιτεκτονική της έμπιστης διαδικασίας ελέγχου πρόσβασης προστίθεται ένα έμπιστο μετωπικό επίπεδο πρόσβασης που δρα ως *επόπτης αναφορών*
- Δρα ως φίλτρο μίας κατεύθυνσης, κρύβοντας τα αποτελέσματα που δεν πρέπει να δει ο χρήστης

Έμπιστο μετωπικό επίπεδο πρόσβασης

- Η αλληλεπίδραση μεταξύ των συστατικών:
  1. η ταυτότητα του χρήστη διακριβώνεται από το έμπιστο μετωπικό επίπεδο πρόσβασης
  2. ο χρήστης εισάγει μία ερώτηση στο μετωπικό επίπεδο
  3. το μετωπικό επίπεδο επαληθεύει ότι ο χρήστης έχει δικαίωμα να προσπελάσει τα δεδομένα
  4. το μετωπικό επίπεδο ερωτά το συμβατικό ΣΒΔ
  5. το συμβατικό ΣΒΔ εκτελεί την είσοδο-έξοδο σε φυσικό επίπεδο και τις πράξεις της σχεσιακής άλγεβρας
  6. το ΣΒΔ επιστρέφει τα αποτελέσματα στο μετωπικό επίπεδο
  7. το μετωπικό επίπεδο αναλύει τα επίπεδα ασφάλειας των δεδομένων και επιλέγει εκείνα που αντιστοιχούν στο επίπεδο ασφάλειας του χρήστη
  8. τα επιλεχθέντα δεδομένα προωθούνται στο συμβατικό ΣΒΔ για μορφοποίηση
  9. τα μορφοποιημένα αποτελέσματα επιστρέφουν στον χρήστη
- Το σχήμα αυτό είναι αναποτελεσματικό διότι ανακτά πολλά δεδομένα που τελικά δεν χρησιμοποιούνται

Φίλτρα περιορισμού

- Τα φίλτρα περιορισμού εξετάζουν τις αιτήσεις του χρήστη και την *τροποποιεί*, αν είναι απαραίτητο έτσι ώστε μόνο τα επιτρεπόμενα αποτελέσματα να ανακτώνται
- Οι τροποποιήσεις αποσκοπούν στο φιλτράρισμα της πληροφορίας *εντός του πυρήνα* του ΣΒΔ, έτσι ώστε
  - να αξιοποιηθούν οι αποτελεσματικοί μηχανισμοί του ΣΒΔ για ανάκτηση και φιλτράρισμα
  - να ανακτηθούν όσο το δυνατόν λιγότερα δεδομένα δεν θα χρησιμοποιηθούν τελικά
- Σε δεύτερη φάση το φίλτρο απαλείφει δεδομένα τα οποία έχουν ανακτηθεί αλλά δεν πρέπει να παρουσιασθούν στον χρήστη

Φίλτρα περιορισμού

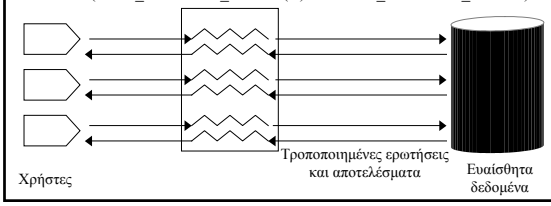
- Μπορεί να εφαρμόζονται σε επίπεδο πλειάδας, γνωρίσματος ή στοιχείου
  - σε επίπεδο πλειάδας το φίλτρο ανακτά τα επιθυμητά δεδομένα συν τα κρυπτογραφικά αθροίσματα ελέγχου και επαληθεύει την ακρίβεια και την προσβασιμότητα από τον χρήστη των δεδομένων
  - σε επίπεδο γνωρίσματος το φίλτρο
    - » ελέγχει αν τα γνωρίσματα είναι προσβάσιμα στον χρήστη. Αν ναι, η ερώτηση προωθείται στο συμβατικό ΣΒΔ για επεξεργασία
    - » στην επιστροφή το φίλτρο διαγράφει τα επί μέρους δεδομένα στα οποία δεν έχει πρόσβαση ο χρήστης
  - Σε επίπεδο στοιχείου το σύστημα ανακτά τα δεδομένα συν τα κρυπτογραφικά αθροίσματα και συγκρίνει τον χαρακτηρισμό ασφάλειας κάθε στοιχείου με αυτόν του χρήστη

Φίλτρα περιορισμού

- Παράδειγμα: Η ερώτηση
  - retrieve name where ((OCCUP = PHYSICIST) AND (CITY = LONDON))

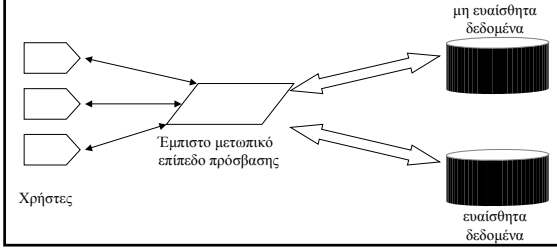
μετασχηματίζεται σε

retrieve name where ((OCCUP = PHYSICIST) AND (CITY = LONDON))
from all records R where
(NAME_SECRECY_LEVEL(R) <= USER_SECRECY_LEVEL) AND
(OCCUP_SECRECY_LEVEL(R) <= USER_SECRECY_LEVEL) AND
(CITY_SECRECY_LEVEL(R) <= USER_SECRECY_LEVEL)



Κατανεμημένες – ομόσπονδες βάσεις

- Έμπιστη μετωπική εφαρμογή συντονίζει την πρόσβαση σε δύο συμβατικά ΣΔΒ
  - το ένα περιέχει τα μη ευαίσθητα και το άλλο τα ευαίσθητα δεδομένα



Κατανεμημένες – ομόσπονδες βάσεις

- Το μετωπικό επίπεδο παραλαμβάνει τις ερωτήσεις του χρήστη και ζητά δεδομένα από τα επί μέρους ΣΒΔ
  - για χρήστες χωρίς επαρκή εξουσιοδότηση μόνο από αυτό που περιέχει τα μη ευαίσθητα δεδομένα για χρήστες με εξουσιοδότηση και από τα δύο
- Τα αποτελέσματα παραλαμβάνονται, υπόκεινται σε επεξεργασία και προωθούνται στον χρήστη
  - αν υπάρχουν αποτελέσματα και από τα δύο ΣΒΔ είναι πιθανόν να απαιτηθεί εκτέλεση πράξεων της σχεσιακής άλγεβρας π.χ.σε περίπτωση σύνδεσης μεταξύ σχέσεων των οποίων πλειάδες αποθηκεύονται και στα δύο ΣΒΔ
- × Πολύπλοκο μετωπικό επίπεδο, ενσωματώνει μεγάλο μέρος της λειτουργίας του ΣΒΔ
- × Για πολλαπλά επίπεδα ασφάλειας απαιτούνται ισάριθμα ΣΒΔ

Παράθυρα - όψεις

- Τα ΣΒΔ έχουν την ικανότητα να προσφέρουν διαφορετικές απόψεις των δεδομένων σε χρήστες
- Η ικανότητα αυτή μπορεί να αξιοποιηθεί στα πλαίσια της
- πολυεπίπεδης ασφάλειας δίνοντας σε κάθε χρήστη ακριβώς τα δεδομένα που έχει το δικαίωμα να προσπελαύνει
- Με το σχήμα αυτό:
  - Στήλες αποκρύπτονται *συνολικά* εκτός αν ο χρήστης έχει το δικαίωμα να προσπελάσει *τουλάχιστον ένα* στοιχείο του αποτελέσματος στη σχετική στήλη
  - Γραμμές αποκρύπτονται *συνολικά* εκτός αν ο χρήστης έχει το δικαίωμα να προσπελάσει *τουλάχιστον ένα* στοιχείο του αποτελέσματος στη σχετική γραμμή
- Για τα εναπομένοντα στοιχεία, αν ο χρήστης δεν έχει το δικαίωμα να προσπελάσει *το συγκεκριμένο στοιχείο* η τιμή του στοιχείου αποκρύπτεται αντικαθιστώμενη από την τιμή *UNDEFINED*

Παράθυρα - όψεις

- Απόκρυψη γραμμών από πίνακα *Εργαζόμενος με γνωρίσματα (Όνομα, ΑΣΦ_ΟΝΟΜΑΤΟΣ, Μισθός, ΑΣΦ_ΜΙΣΘΟΥ, Θέση, ΑΣΦ_ΘΕΣΗΣ)*

```
CREATE VIEW Εργαζόμενος1 AS
SELECT Όνομα, Μισθός, Θέση
FROM Εργαζόμενος
WHERE ΑΣΦ_ΟΝΟΜΑΤΟΣ <= USER_SECRECY_LEVEL AND
  ΑΣΦ_ΜΙΣΘΟΥ <= USER_SECRECY_LEVEL AND
  ΑΣΦ_ΘΕΣΗΣ <= USER_SECRECY_LEVEL
```

Παράθυρα - όψεις

- Απόκρυψη γραμμών και μεμονωμένων στοιχείων από πίνακα *Εργαζόμενος με γνωρίσματα (Όνομα, ΑΣΦ_ΟΝΟΜΑΤΟΣ, Μισθός, ΑΣΦ_ΜΙΣΘΟΥ, Θέση, ΑΣΦ_ΘΕΣΗΣ)*

```
CREATE VIEW Εργαζόμενος2 AS
SELECT
IFTHENELSE(ΑΣΦ_ΟΝΟΜΑΤΟΣ <= USL, Όνομα, NULL) AS Όνομα,
IFTHENELSE(ΑΣΦ_ΜΙΣΘΟΥ <= USL, Μισθός, NULL) AS Μισθός,
IFTHENELSE(ΑΣΦ_ΘΕΣΗΣ <= USL, Θέση, NULL) AS Θέση
FROM Εργαζόμενος
WHERE ΑΣΦ_ΟΝΟΜΑΤΟΣ <= USER_SECRECY_LEVEL AND
  ΑΣΦ_ΜΙΣΘΟΥ <= USER_SECRECY_LEVEL AND
  ΑΣΦ_ΘΕΣΗΣ <= USER_SECRECY_LEVEL
```