

Οργάνωση Βάσεων Βιοϊατρικών Δεδομένων Εξόρυξη Γνώσης Βιοϊατρικών Δεδομένων

Σεμινάριο 8: Παράλληλες & Κατανεμημένες Βάσεις Δεδομένων

**Ευάγγελος Καρκαλέτσης,
Αναστασία Κριθαρά, Γεώργιος Πετάσης**

Εργαστήριο Τεχνολογίας Γνώσεων & Λογισμικού,

Ινστιτούτο Πληροφορικής & Τηλεπικοινωνιών, Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. “Δημόκριτος”

Τηλ.: 210-6503197, Fax: 210-6532175, {vangelis, akrihara, petasis}@iit.demokritos.gr

Ακαδημαϊκό Έτος: 2016 – 2017

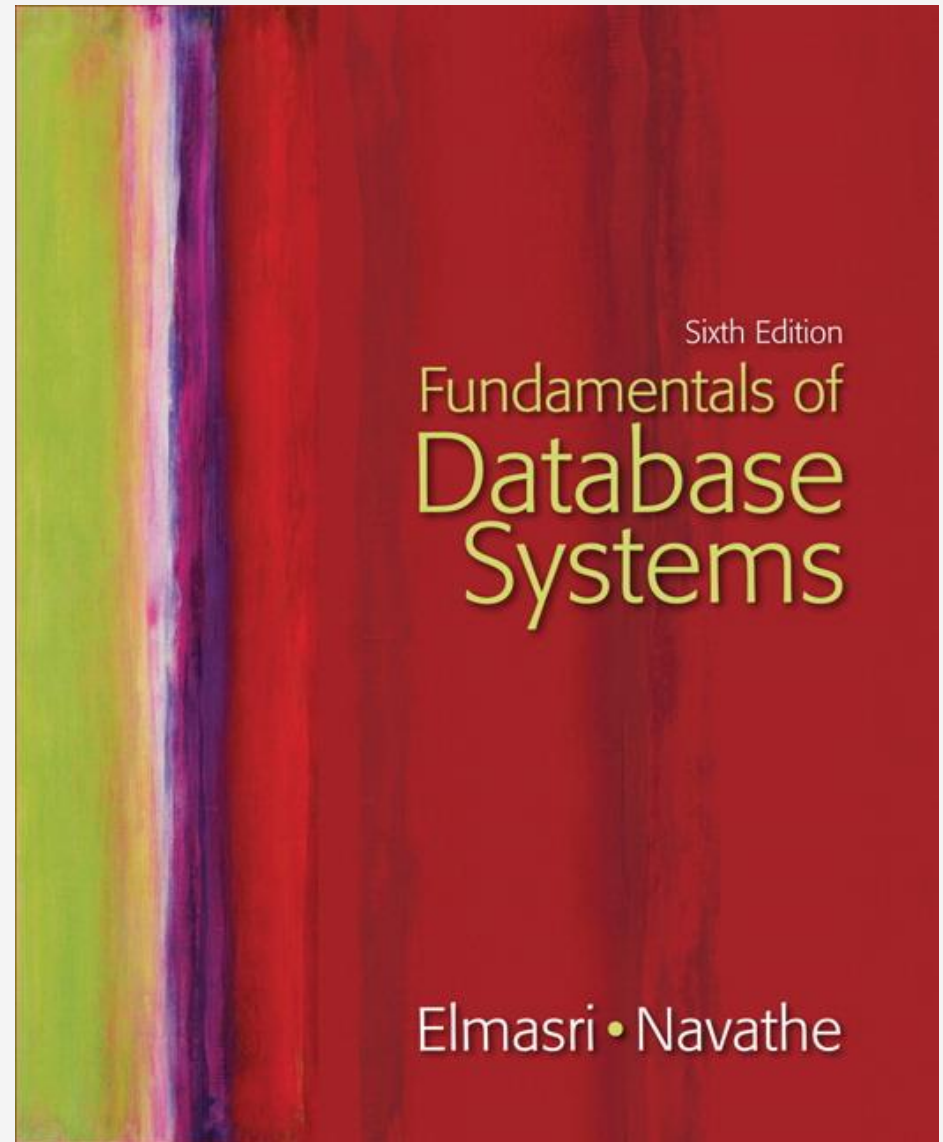
Οι διαφάνειες αυτού του σεμιναρίου βασίζονται εν μέρει
σε διαφάνειες των:

Δ. Γουνόπουλος, Ι. Ιωαννίδης

<http://eclass.uoa.gr/modules/document/document.php?course=D463&openDir=/4c2b32a5i4iq>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 25

Κατανεμημένες βάσεις
δεδομένων



Copyright © 2011 Ramez Elmasri and Shamkant B. Navathe, Ελληνική Έκδοση Δίαυλος

Θα μιλήσουμε για

- Παράλληλες βάσεις δεδομένων
- Κατανεμημένες βάσεις δεδομένων (ΚΒΔ)
- Διαφορετικά είδη συστημάτων και αρχιτεκτονικές παραλλαγές
- Κατατεμαχισμός δεδομένων
- Επεξεργασία Ερωτήσεων και βελτιστοποίηση
- Διάσπαση ερωτήσεων και ενημερώσεων
- Έλεγχος συνδρομικότητας
- Τρέχουσες τάσεις σε ΚΒΔ

Παράλληλες βάσεις δεδομένων

Πρόβλημα - κίνητρο

- Οι ΒΔ γίνονται όλο και πιο μεγάλες
 - Τα μεγέθη πλέον μετρούνται σε TB και PB.
 - Όλο και περισσότερα δεδομένα δημοσιεύονται στον Παγκόσμιο Ιστό.
 - Νέα επιστημονικά πειράματα παράγουν τεράστιους όγκους δεδομένων.
 - Δεδομένα συναλλαγών συλλέγονται και αποθηκεύονται για μελλοντική ανάλυση.
 - Όλο και περισσότερα πολυμεσικά δεδομένα αποθηκεύονται.

Παράλληλες βάσεις δεδομένων

Πρόβλημα – κίνητρο

- Αντίστοιχα αυξάνουν και οι απαιτήσεις των χρηστών.
- Μεγάλα μεγέθη δεδομένων $\Rightarrow$ χρήση δίσκου ως αποθηκευτικού χώρου και μεγάλης μνήμης, πρόβλημα απόδοσης.
- Η απόδοση περιορίζεται κυρίως από τις πράξεις I/O (bottleneck).
 - Ταχύτητα δίσκου $\ll$ Ταχύτητα RAM $\ll$ Ταχύτητα CPU.
 - Υπάρχουν όμως περιπτώσεις που η ταχύτητα CPU (και η μνήμη) είναι καθοριστικός παράγοντας.

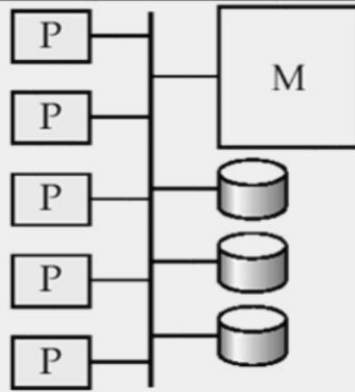
Παράλληλες βάσεις δεδομένων

- Το βασικό σκεπτικό είναι να αυξηθούν οι διαθέσιμοι πόροι ενός ΣΒΔ μέσω παράλληλης αρχιτεκτονικής και επεξεργασίας ερωτημάτων.
 - Για λόγους απόδοσης αλλά και διαθεσιμότητας/αξιοπιστίας.
 - Το σχεσιακό μοντέλο έχει παίξει σημαντικό ρόλο.
- Τα παράλληλα μηχανήματα είναι πλέον συνηθισμένα και προσιτά σε τιμή.
 - Η τιμή των μικροεπεξεργαστών, της μνήμης και του αποθηκευτικού χώρου έχουν μειωθεί απότομα.
 - Δεν απαιτείται εξειδικευμένο υλικό.
- Η χρήση ευρείας κλίμακας παράλληλων συστημάτων ΒΔ συνεχώς αυξάνεται:
 - Για την αποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων.
 - Για την επεξεργασία χρονοβόρων ερωτημάτων.
 - Για την επεξεργασία πολλών ταυτόχρονων συναλλαγών (high throughput).

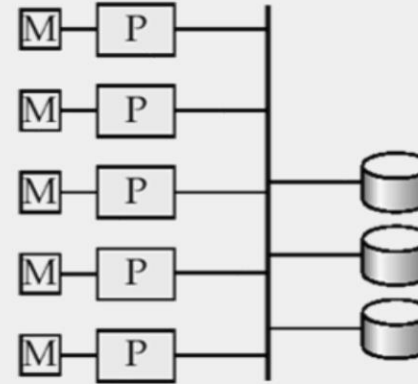
Αρχιτεκτονικές παράλληλων ΒΔ

- **Διαμοιρασμένη μνήμη (*shared memory*)**
 - Οι επεξεργαστές μοιράζονται κοινή μνήμη.
- **Διαμοιρασμένο σύστημα δίσκων (*shared disk*):**
 - Οι επεξεργαστές μοιράζονται κοινό σύστημα δίσκων.
- **Τίποτα διαμοιρασμένο (*shared nothing*):**
 - Οι επεξεργαστές ΔΕΝ μοιράζονται ούτε κοινή μνήμη ούτε κοινό σύστημα δίσκων.
- **Ιεραρχική:**
 - υβριδική αρχιτεκτονική – συνδυασμός των παραπάνω.

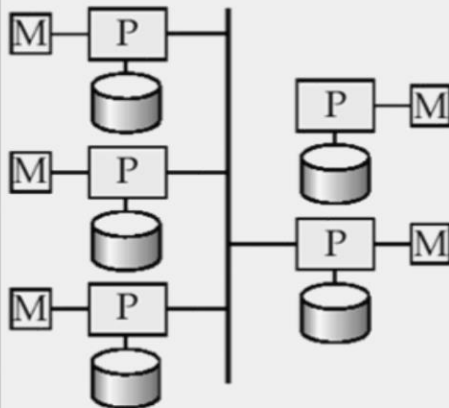
Αρχιτεκτονικές παράλληλων ΒΔ



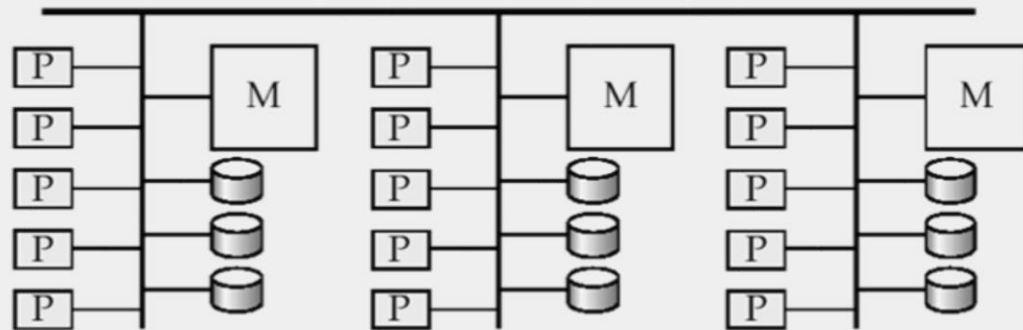
(a) shared memory



(b) shared disk



(c) shared nothing



(d) hierarchical

Αρχιτεκτονικές παράλληλων ΒΔ

- **Διαμοιρασμένη μνήμη (shared memory)**
 - Ιδιαίτερα αποδοτική επικοινωνία μεταξύ των επεξεργαστών. Όλοι προσπελούν τα δεδομένα στην (κοινή) μνήμη χωρίς να χρειάζεται να τα μετακινήσουν από εκεί.
 - Πρόβλημα: δεν κλιμακώνεται πέρα από 32 ή 64 επεξεργαστές καθώς προκαλείται κυκλοφοριακή συμφόρηση (bottleneck) στον δίαυλο μνήμης. Συνήθως χρησιμοποιείται για χαμηλό βαθμό παραλληλισμού (4-8).

Αρχιτεκτονικές παράλληλων ΒΔ

- **Διαμοιρασμένο σύστημα δίσκων (shared disk)**
 - Ο διάυλος μνήμης δεν είναι πια πρόβλημα αλλά τώρα η κυκλοφοριακή συμφόρηση συμβαίνει στη σύνδεση με το σύστημα δίσκων.
 - Ανοχή σφαλμάτων (fault-tolerance). Εάν αποτύχει ένας επεξεργαστής, οι υπόλοιποι αναλαμβάνουν τις εργασίες του αφού η ΒΔ είναι αποθηκευμένη σε δίσκους προσπελάσιμους από όλους.
 - Κλιμάκωση σε κάπως μεγαλύτερο αριθμό επεξεργαστών.
 - Τα πρώτα εμπορικά συστήματα: IBM Sysplex και DEC clusters (τώρα Compaq) που έτρεχαν Rdb (τώρα Oracle Rdb).

Αρχιτεκτονικές παράλληλων ΒΔ

- «Τίποτα» διαμοιρασμένο (shared nothing)
 - Ένας «κόμβος» αποτελείται από έναν επεξεργαστή, μια μνήμη και ένα σύστημα δίσκων. Οι κόμβοι είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους. Κάθε κόμβος παίζει το ρόλο του εξυπηρετητή για τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στο σύστημα δίσκων του.
 - Η κλιμάκωση μπορεί να γίνει σε χιλιάδες επεξεργαστές.
 - Πρόβλημα: κόστος επικοινωνίας μεταξύ επεξεργαστών και η προσπέλαση δεδομένων σε μη τοπικούς δίσκους (απαιτείται λογισμικό αποστολής δεδομένων από το έναν κόμβο στον άλλο).
 - Εμπορικά συστήματα: Teradata, Tandem, Oracle-n CUBE.

Αρχιτεκτονικές παράλληλων ΒΔ

- **Ιεραρχική αρχιτεκτονική**
 - Το ανώτερο επίπεδο μπορεί να ακολουθεί την αρχιτεκτονική «τίποτα» διαμοιρασμένου ενώ εσωτερικά κάθε κόμβος μπορεί να είναι διαμοιρασμένης μνήμης ή διαμοιρασμένου συστήματος δίσκων (σε πολλά επίπεδα).

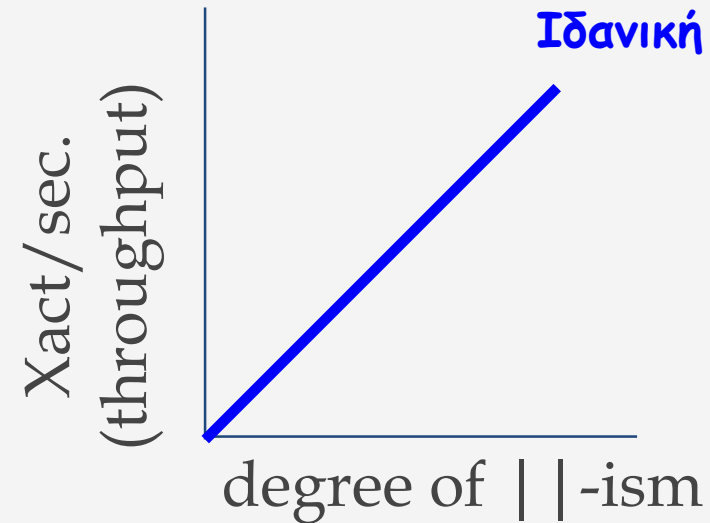
Παράλληλες βάσεις δεδομένων

- Δύο κύρια μέτρα απόδοσης:
 - **Ρυθμός εξόδου ή ολοκλήρωσης (throughput):** ο αριθμός των εργασιών που μπορούν να ολοκληρωθούν σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.
 - **Χρόνος απόκρισης (response time) :** ο χρόνος που απαιτείται για να ολοκληρωθεί μία εργασία από τη στιγμή που θα υποβληθεί.

Μέτρα απόδοσης

- **Επιτάχυνση (Speed-Up)**

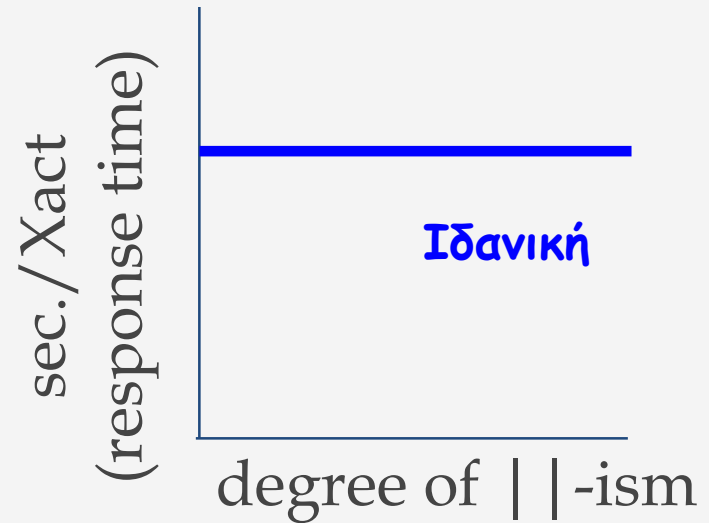
- Ο λόγος του χρόνου εκτέλεσης σε ένα μικρότερο/φθηνότερο σύστημα προς το χρόνο εκτέλεσης σε ένα μεγαλύτερο/ακριβότερο σύστημα.
- Ιδανική κατάσταση: γραμμική επιτάχυνση, που σημαίνει ότι για το ίδιο πρόβλημα (μέγεθος δεδομένων) ένα σύστημα N φορές μεγαλύτερο επιταχύνει N φορές την εκτέλεση.



Μέτρα απόδοσης

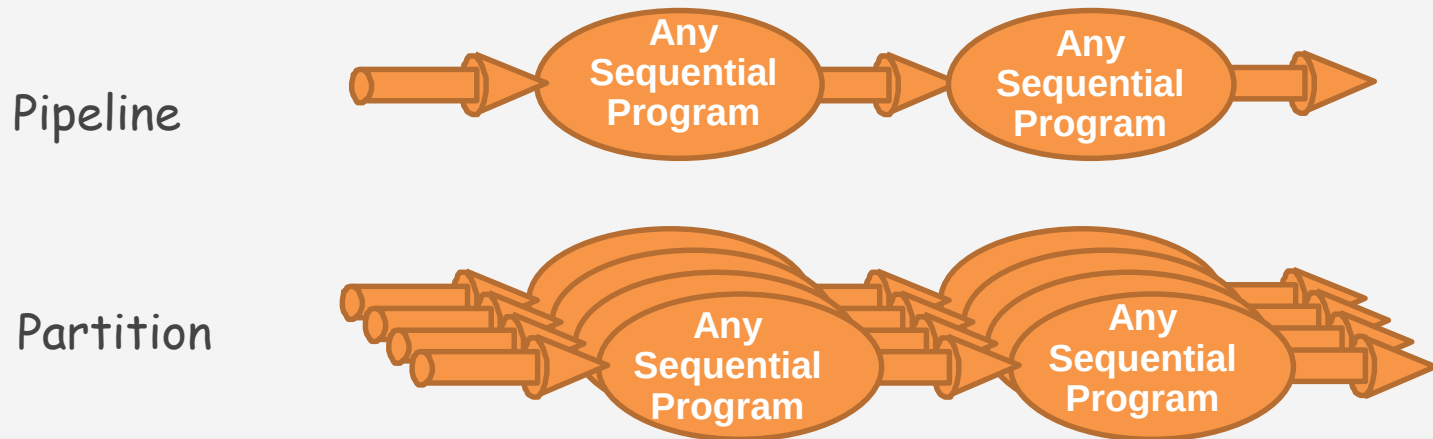
- Κλιμάκωση (Scale-Up)

- Ο λόγος του χρόνου εκτέλεσης ενός μικρότερου προβλήματος σε ένα μικρότερο/φθηνότερο σύστημα προς το χρόνο εκτέλεσης ενός μεγαλύτερου προβλήματος σε ένα μεγαλύτερο/ακριβότερο σύστημα.
- Ιδανική κατάσταση: γραμμική κλιμάκωση, που σημαίνει ότι μεγαλώνοντας το σύστημα N φορές και το μέγεθος του προβλήματος επίσης N φορές (N φορές περισσότερα δεδομένα), ο χρόνος για την εκτέλεση παραμένει σταθερός.



Τύποι παραλληλίας

- Παραλληλισμός μέσω σωληνωτής εκτέλεσης (pipeline parallelism):
 - πολλές μηχανές που η καθεμία εκτελεί **ένα βήμα** μιας διαδικασίας πολλών βημάτων – (μπλοκάρει περιμένοντας τα αποτελέσματα της προηγούμενης).
- Παραλληλισμός με διάσπαση (partition parallelism) ή διαμοιραζόμενων δεδομένων:
 - πολλές μηχανές που εκτελούν την **ίδια** λειτουργία σε διαφορετικά τμήματα των δεδομένων.
- Και οι δύο τύποι παραλληλισμού είναι δυνατοί στα ΣΔΒΔ.



Εισαγωγή στις κατανεμημένες βάσεις δεδομένων (1)

- **Κατανεμημένο υπολογιστικό σύστημα** αποτελείται από ένα πλήθος στοιχείων επεξεργασίας, όχι υποχρεωτικά ομογενών, που συνδέονται μέσω ενός δικτύου υπολογιστών και που συνεργάζονται για την εκτέλεση κάποιων εργασιών που τους έχουν ανατεθεί.
- Στόχος είναι η διαμέριση ενός μεγάλου και δύσκολα διαχειρίσιμου προβλήματος σε μικρότερα, ώστε να επιλυθεί αποτελεσματικά κατά συνεργατικό τρόπο.

Εισαγωγή στις κατανεμημένες βάσεις δεδομένων (2)

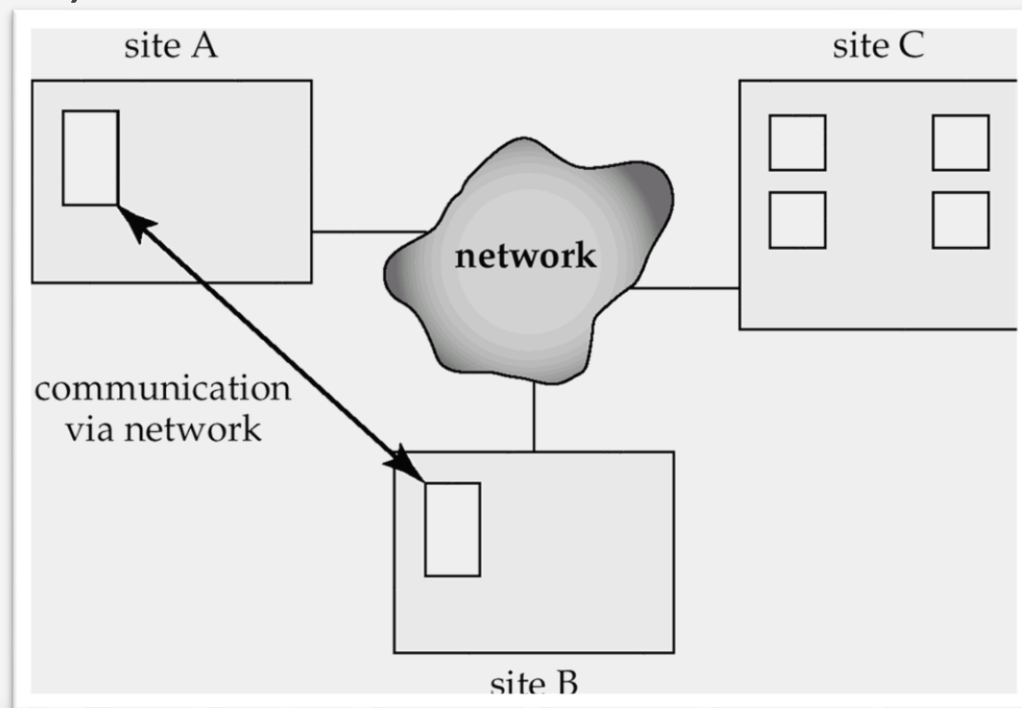
- Συνένωση δύο τεχνολογιών:
 - Τεχνολογία βάσεων δεδομένων
 - Τεχνολογία δικτύων και επικοινωνιακών συστημάτων
- Οι κατανεμημένες βάσεις δεδομένων υποστηρίζουν την *ενοποίηση πληροφοριών* και την *επεξεργασία τους* από εφαρμογές που από μόνες τους μπορεί να είναι είτε κεντρικές είτε κατανεμημένες.

Έννοιες Κατανεμημένων βάσεων δεδομένων

- **Κατανεμημένη βάση δεδομένων (ΚΒΔ):**
 - μια συλλογή πολλαπλών λογικά συσχετισμένων βάσεων δεδομένων διαμοιρασμένων σε ένα υπολογιστικό δίκτυο.
- **Κατανεμημένο σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων (ΚΣΔΒΔ):**
 - Σύστημα λογισμικού που διαχειρίζεται μια κατανεμημένη βάση δεδομένων.
 - Διαφανής κατανομή στο χρήστη.

Κατανεμημένες βάσεις δεδομένων

- Τα δεδομένα είναι απλωμένα σε πολλές μηχανές, που ονομάζονται «τόποι» (**sites**) ή «κόμβοι» (**nodes**), οι οποίες μηχανές είναι διασυνδεδεμένες μέσω ενός δικτύου (LAN ή WAN).
- Τα δεδομένα είναι κοινά για χρήστες που τα προσπελαίνουν από πολλές μηχανές.



Παράλληλες έναντι Κατανεμημένων αρχιτεκτονικών

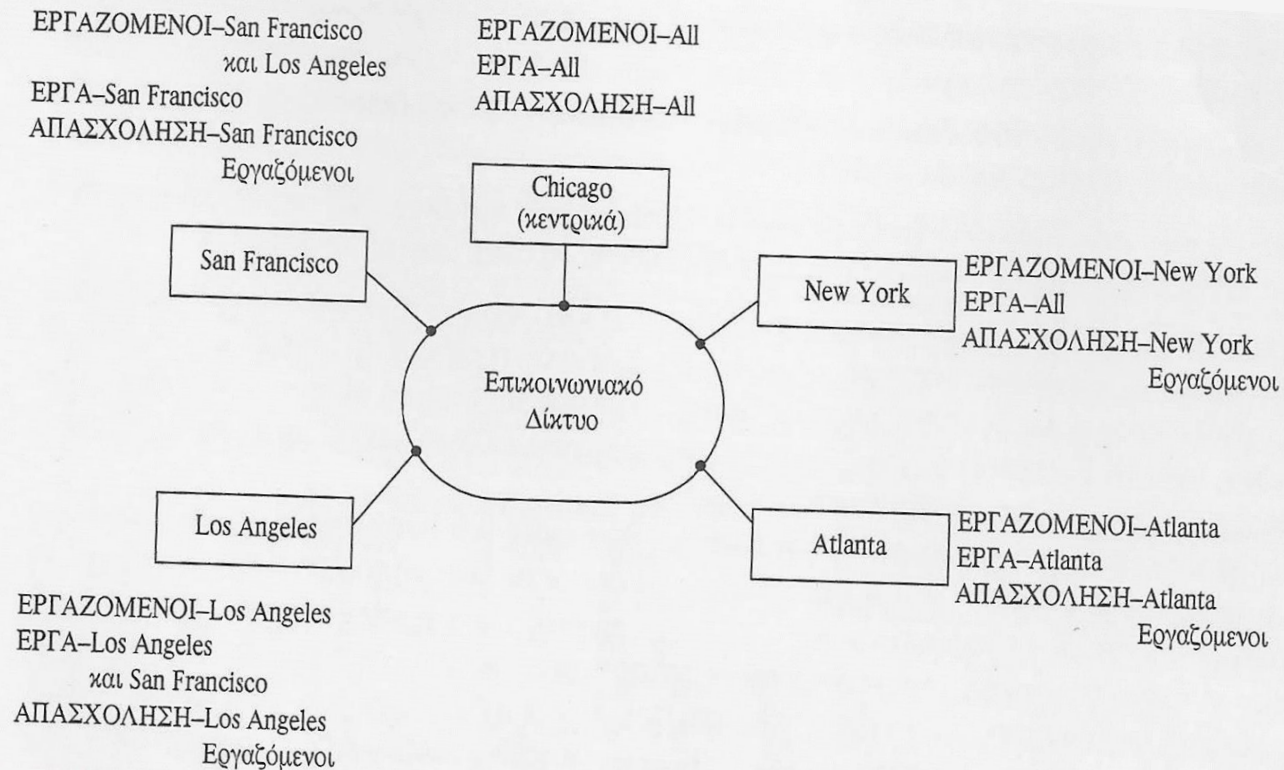
- Για να είναι μια βάση κατανεμημένη πρέπει να ικανοποιούνται οι παρακάτω ελάχιστες συνθήκες:
 - Σύνδεση των κόμβων της βάσης δεδομένων πάνω από ένα δίκτυο υπολογιστών.
 - Λογική συσχέτιση μεταξύ των συνδεδεμένων βάσεων δεδομένων.
 - Έλλειψη ομογένειας των περιορισμών μεταξύ των συνδεδεμένων κόμβων.

Παράλληλες έναντι Κατανεμημένων αρχιτεκτονικών

- Οι κόμβοι μπορεί να βρίσκονται:
 - φυσικά κοντά, και να συνδέονται μέσω **τοπικού δικτύου**.
 - γεωγραφικά κατανεμημένοι και να συνδέονται μέσω δικτύων ευρείας ζώνης.
- Τα δίκτυα μπορεί να έχουν διαφορετικές **τοπολογίες** που ορίζουν τους άμεσους επικοινωνιακούς δρόμους μεταξύ των κόμβων.
 - Ο τύπος και η τοπολογία του δικτύου μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο στην απόδοση και στο σχεδιασμό κατανεμημένων ΒΔ.
 - Σε θέματα αρχιτεκτονικής υψηλού επιπέδου, δεν ενδιαφέρει ο τύπος του δικτύου που χρησιμοποιείται (αρκεί να μπορεί κάθε κόμβος να επικοινωνεί, έμμεσα ή άμεσα, με κάθε άλλο κόμβο).

Διαφάνεια (1)

- Απόκρυψη λεπτομερειών υλοποίησης από τους τελικούς χρήστες.
- Διαφορετικοί τύποι διαφάνειας.



Διαφάνεια (2)

- **Διαφάνεια οργάνωσης δεδομένων (διαφάνεια κατανομής ή δικτύου).**
 - Απελευθέρωση του χρήστη από λεπτομέρειες του δικτύου.
 - **Διαφάνεια θέσης**
 - Η εντολή για την εκτέλεση μιας εργασίας είναι ανεξάρτητη από την τοποθεσία των δεδομένων και του συστήματος στο οποίο δόθηκε η εντολή.
 - **Διαφάνεια ονόματος**
 - Όταν προσδιοριστεί ένα όνομα, το αντικείμενο με το όνομα μπορεί να προσπελασθεί χωρίς ασάφεια και χωρίς επιπλέον περιορισμό.

Διαφάνεια (3)

- **Διαφάνεια ομοιοτυπίας**

- Μπορεί να αποθηκεύονται αντίγραφα των δεδομένων σε πολλούς κόμβους για καλύτερη διαθεσιμότητα, απόδοση, και αξιοπιστία.
- Ο χρήστης δεν είναι ενήμερος της ύπαρξης των αντιγράφων.

- **Διαφάνεια σχεδιασμού**

- Μη αναγκαιότητα γνώσης του τρόπου σχεδιασμού της κατακευκτωμένης ΒΔ.

- **Διαφάνεια εκτέλεσης**

- Μη αναγκαιότητα γνώσης του πού εκτελείται μια δοσοληψία

Διαφάνεια (4)

- **Διαφάνεια κατατεμαχισμού**
 - **Οριζόντιος κατατεμαχισμός**
 - Κατανομή μιας σχέσης σε σύνολα πλειάδων (γραμμών).
 - **Κατακόρυφος κατατεμαχισμός**
 - Κατανομή μιας σχέσης σε υπο-σχέσεις, όπου κάθε υπο-σχέση ορίζεται από ένα υποσύνολο των στηλών της αρχικής σχέσης.
 - Μία καθολική ερώτηση από το χρήστη πρέπει να μετασχηματισθεί σε πολλές ερωτήσεις κατατεμαχισμού.
 - Ο χρήστης δεν είναι ενήμερος για την ύπαρξη τεμαχίων.

Αυτονομία

- Κατά πόσο ατομικά οι κόμβοι ή οι βάσεις δεδομένων σε ένα κατανεμημένο σύστημα μπορούν να λειτουργούν ανεξάρτητα.
 - **Αυτονομία σχεδιασμού**
 - Ανεξαρτησία της χρήσης του μοντέλου δεδομένων και των τεχνικών διαχείρισης των δοσοληψιών μεταξύ των κόμβων.
 - **Αυτονομία επικοινωνίας**
 - Κατά πόσο κάθε κόμβος μπορεί να αποφασίζει να μοιράζεται πληροφορίες με άλλους κόμβους.
 - **Αυτονομία εκτέλεσης**
 - Ανεξαρτησία των χρηστών να δρουν κατά βούληση.

Πλεονεκτήματα κατανεμημένων συστημάτων βάσεων δεδομένων

- Ευελιξία και βελτιωμένη ευκολία στην ανάπτυξη εφαρμογών.
- Αυξημένη αξιοπιστία και διαθεσιμότητα.
- Βελτιωμένη απόδοση.
- Ευκολότερη επέκταση.

Αξιοπιστία και διαθεσιμότητα

- **Αξιοπιστία**

- Η πιθανότητα να είναι ένα σύστημα σε λειτουργία μια δεδομένη στιγμή.

- **Διαθεσιμότητα**

- Η πιθανότητα να είναι ένα σύστημα διαθέσιμο συνεχώς κατά τη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος.

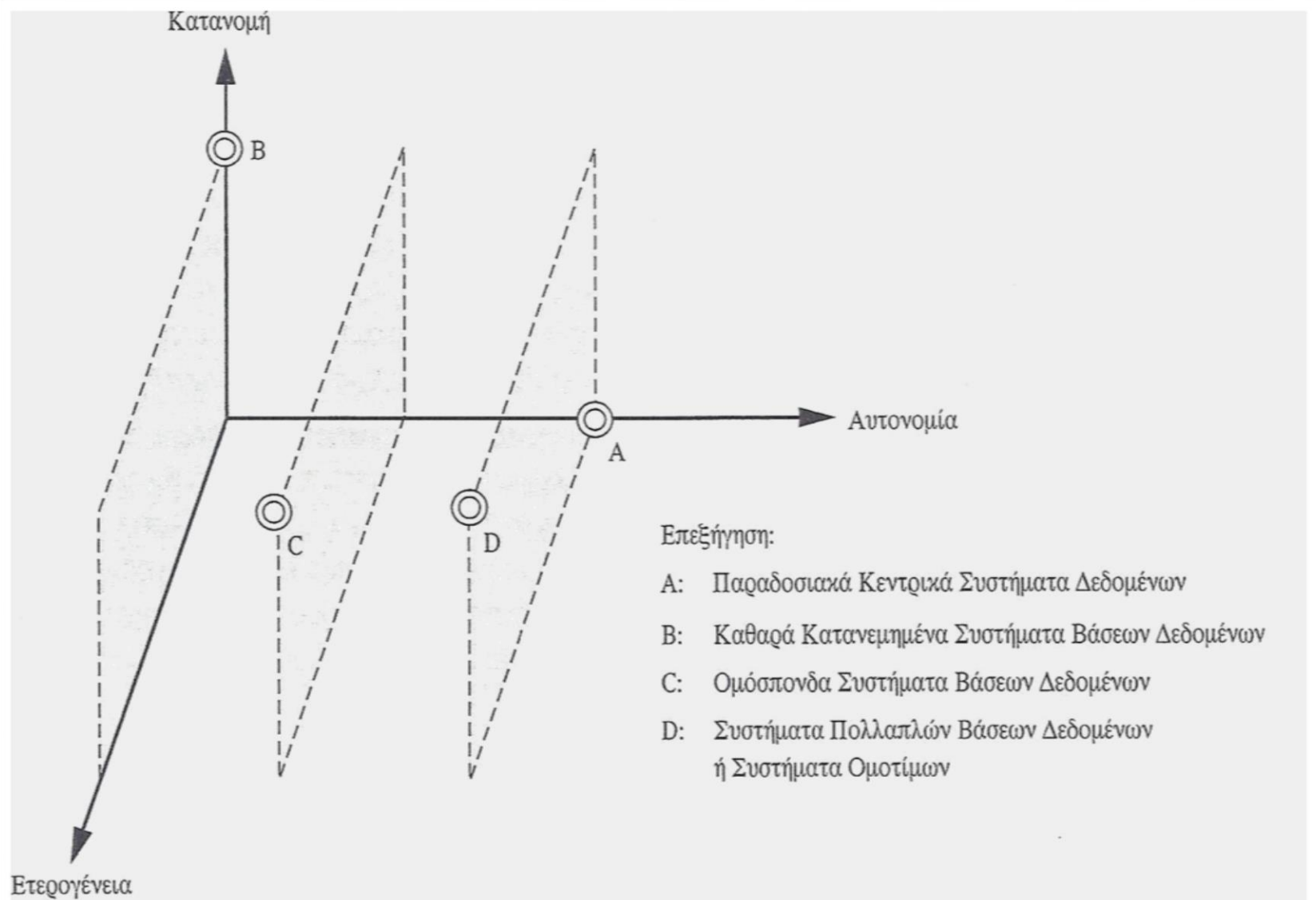
Επιπλέον λειτουργίες κατανεμημένων ΒΔ

- Καταγραφή δεδομένων.
- Κατανεμημένη επεξεργασία ερωτήσεων.
- Κατανεμημένη διαχείριση δοσοληψιών.
- Διαχείριση δεδομένων ομοιοτυπίας.
- Ανάκαμψη κατανεμημένων βάσεων δεδομένων.
- Ασφάλεια.
- Διαχείριση κατανεμημένου ευρετηρίου (καταλόγου).
 - Αύξηση πολυπλοκότητας ενός ΚΣΔΒΔ σε σχέση με ένα κεντρικό ΣΔΒΔ.

Τύποι κατανεμημένων συστημάτων βάσεων δεδομένων

- **Ομογενείς Κατανεμημένες ΒΔ.**
 - Το ίδιο λογισμικό και σχήμα ΒΔ σε όλους τους κόμβους, τα δεδομένα είναι μοιρασμένα μεταξύ των κόμβων.
 - Στόχος: να φαίνεται σαν μια ενιαία ΒΔ, κρύβοντας την κατανομή της σε κόμβους.
- **Ετερογενείς Κατανεμημένες ΒΔ ή Σύστημα Πολλαπλών ΒΔ (multidatabases).**
 - Διαφορετικό λογισμικό και σχήμα ΒΔ από κόμβο σε κόμβο.
 - Στόχος: η ολοκλήρωση διαφορετικών ΒΔ που ήδη υπάρχουν.
- **Διάκριση μεταξύ τοπικών (local) και γενικών (global) δοσοληψιών.**
 - Μια τοπική δοσοληψία προσπελαύνει δεδομένα στον κόμβο από τον οποίο προήλθε.
 - Μια γενική δοσοληψία είτε προσπελαύνει δεδομένα σε κόμβο διαφορετικό από αυτόν από τον οποίο προήλθε είτε προσπελαύνει δεδομένα σε πολλούς κόμβους.

Εναλλακτικές ταξινομήσεις κατανεμημένων ΒΔ



Ταξινόμηση κατανεμημένων ΒΔ

- **Ομόσπονδα συστήματα βάσεων δεδομένων (ΟΣΒΔ)**
 - Κάθε διακομιστής είναι ένα ανεξάρτητο και αυτόνομο κεντρικό ΣΔΒΔ με τοπικούς χρήστες, τοπικές δοσοληψίες και ΔΒΔ.
 - Πολύ **υψηλό βαθμό** τοπικής αυτονομίας.
 - Συνολική όψη ή σχήμα των ομόσπονδων ΒΔ κοινό στις εφαρμογές.

Σημασιολογική ετερογένεια (1)

- Διαφορές στη σημασία, ερμηνεία, και τη προτιθέμενη χρήση των ίδιων ή συσχετιζόμενων δεδομένων.
- **Αυτονομία σχεδιασμού** → ελευθερία των συνιστωσών συστημάτων ΒΔ να επιλέξουν τις παρακάτω παραμέτρους σχεδιασμού:
 - Ο χώρος στον κόσμο από τον οποίο επιλέγονται τα δεδομένα.
 - Αναπαράσταση και ονοματολογία.
 - Η κατανόηση, η σημασία, και η υποκειμενική ερμηνεία των δεδομένων.
 - Περιορισμοί δοσοληψιών και πολιτικής.
 - Παραγωγή περιλήψεων.

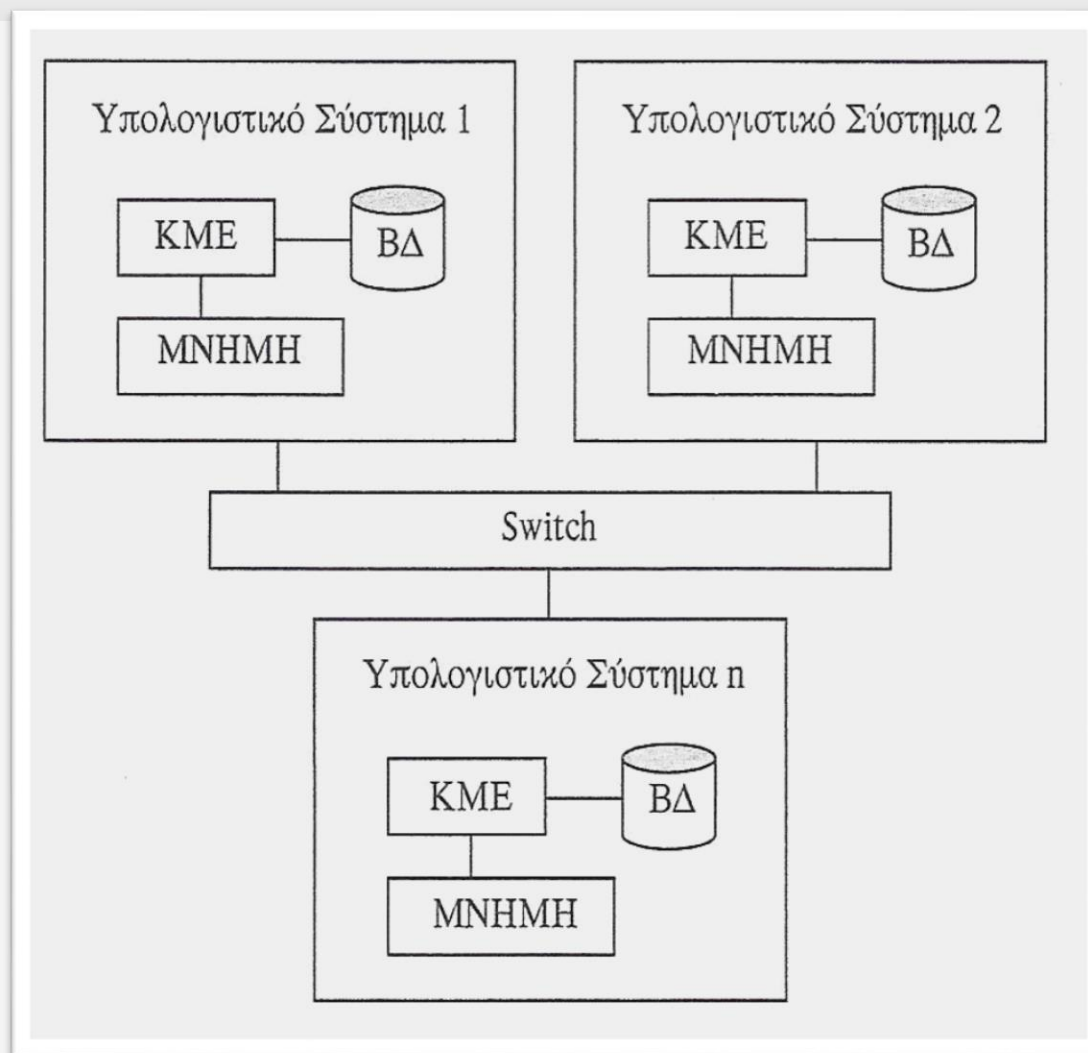
Σημασιολογική ετερογένεια (2)

- Οι περισσότεροι οργανισμοί καταφεύγουν σε ετερογενή ομόσπονδα ΣΔΒΔ.
- Διαχείριση και μεταφορά ερωτήσεων και δοσοληψιών από καθολικές εφαρμογές σε ατομικές ΒΔ και δεδομένων από διακομιστές ετερογενών ΒΔ στην καθολική εφαρμογή:
 - Χρήση **ενδιάμεσου λογισμικού**.
 - Χρήση πακέτων που βασίζονται στο web και ονομάζονται **διακομιστές εφαρμογών**.
 - Χρήση πρωτογενών συστημάτων, που ονομάζονται Enterprise Resource Planning (EPR) – π.χ. SAP.

Αρχιτεκτονικές καταναμεμημένων βάσεων δεδομένων

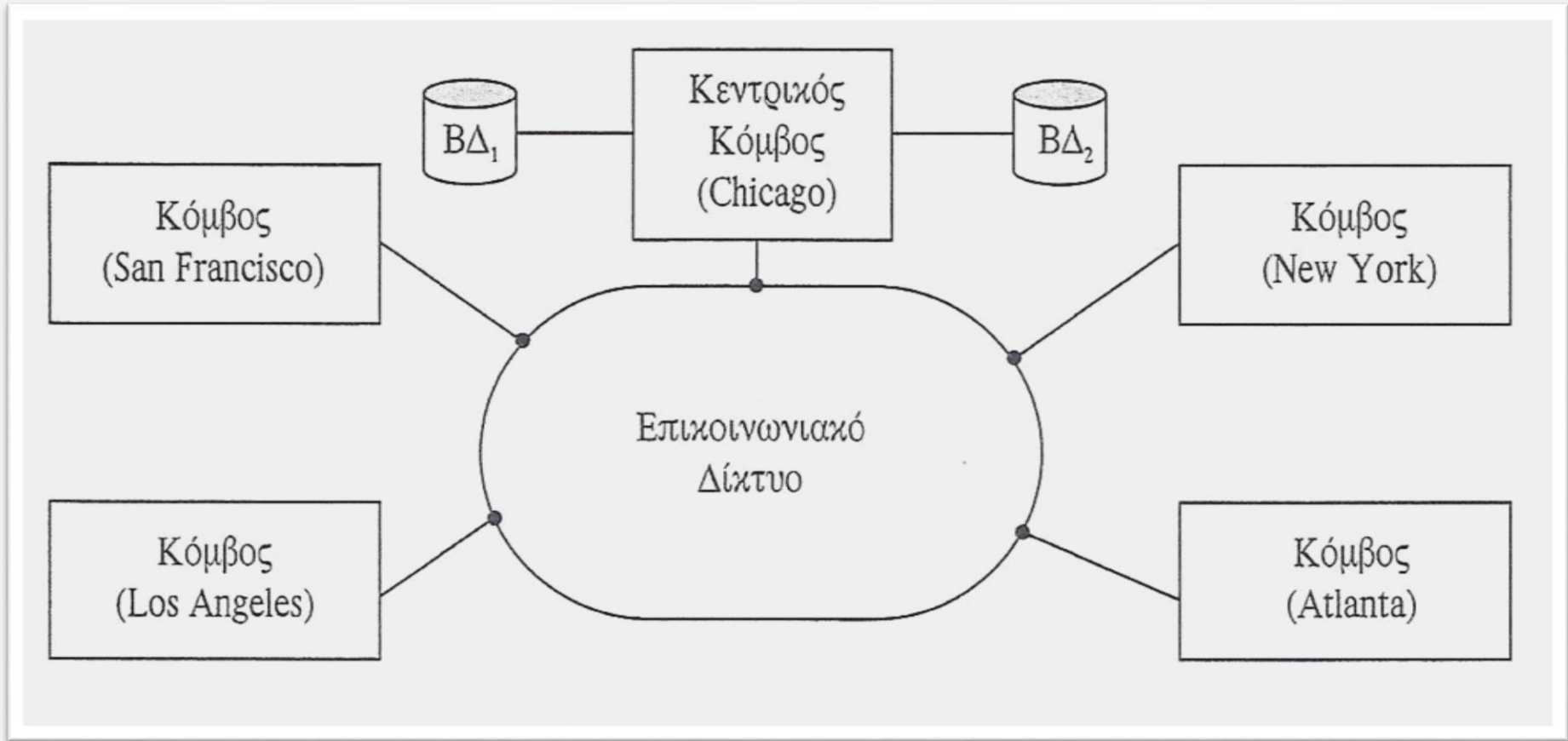
- Αρχιτεκτονική παράλληλων ΒΔ χωρίς τίποτα κοινό:
 - Επικοινωνία με υψηλής ταχύτητας δίκτυο διασύνδεσης.
 - Υπάρχει συμμετρία και ομοιογένεια των κόμβων
- Αρχιτεκτονική καταναμεμημένων ΒΔ:
 - Συνηθίζεται η ετερογένεια του υλικού και των λειτουργικών συστημάτων σε κάθε κόμβο.

Αρχιτεκτονική παράλληλης βάσης δεδομένων



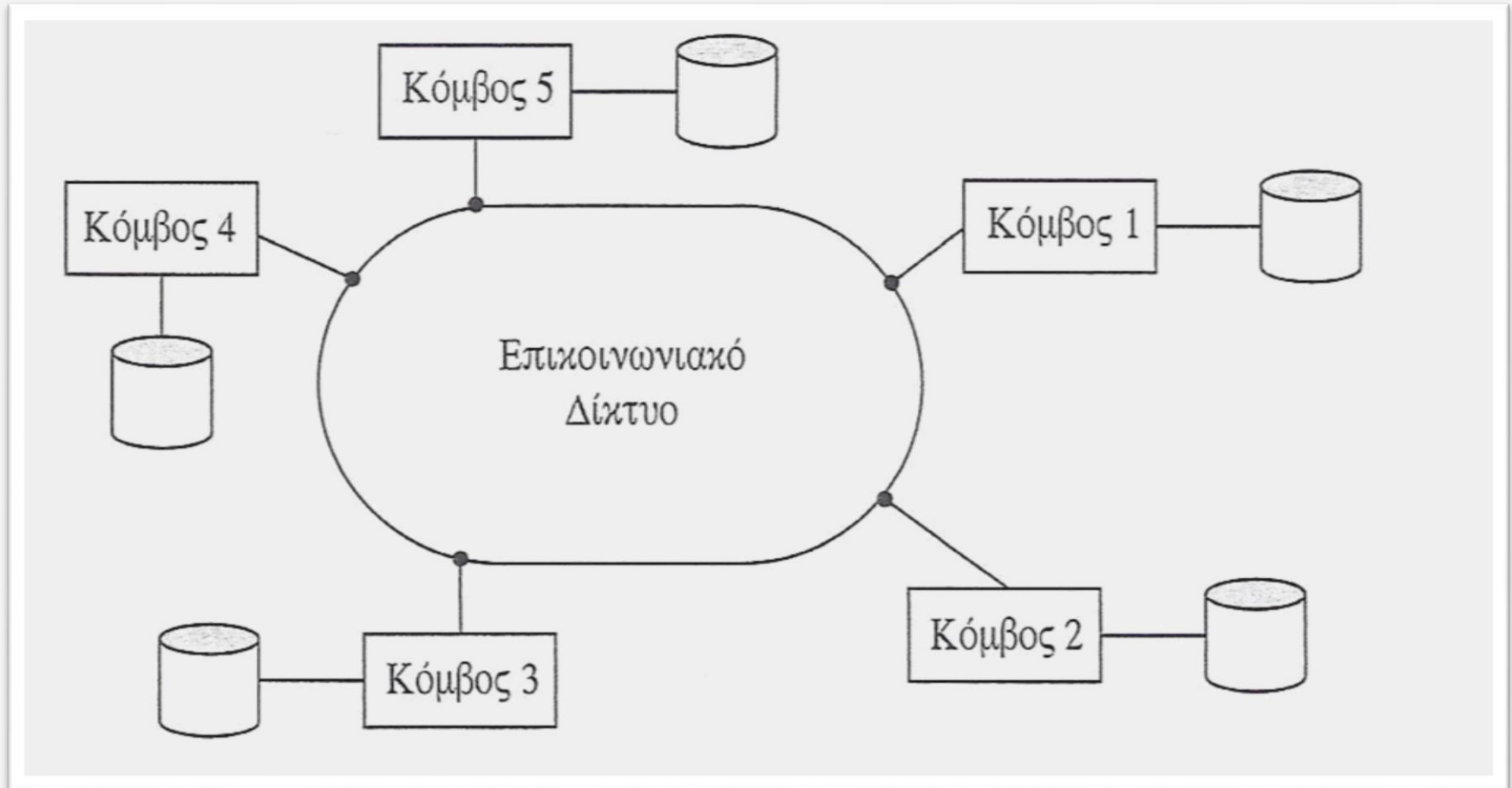
Αρχιτεκτονική χωρίς τίποτε διαμοιρασμένο

Αρχιτεκτονική κατανεμημένων βάσεων δεδομένων



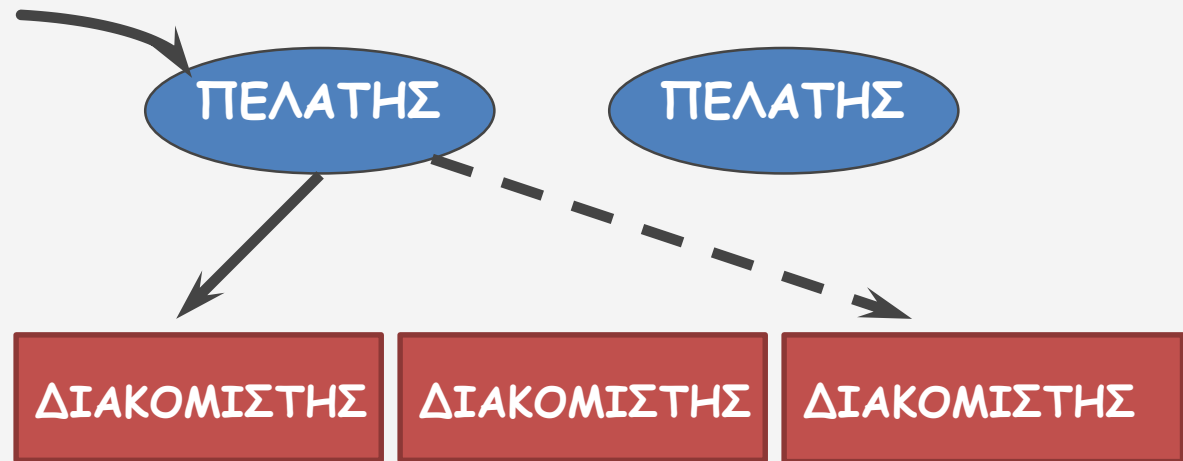
Αρχιτεκτονική δικτύου με κεντριοποιημένη βάση δεδομένων σ' έναν από τους κόμβους

Αρχιτεκτονική κατανεμημένων βάσεων δεδομένων



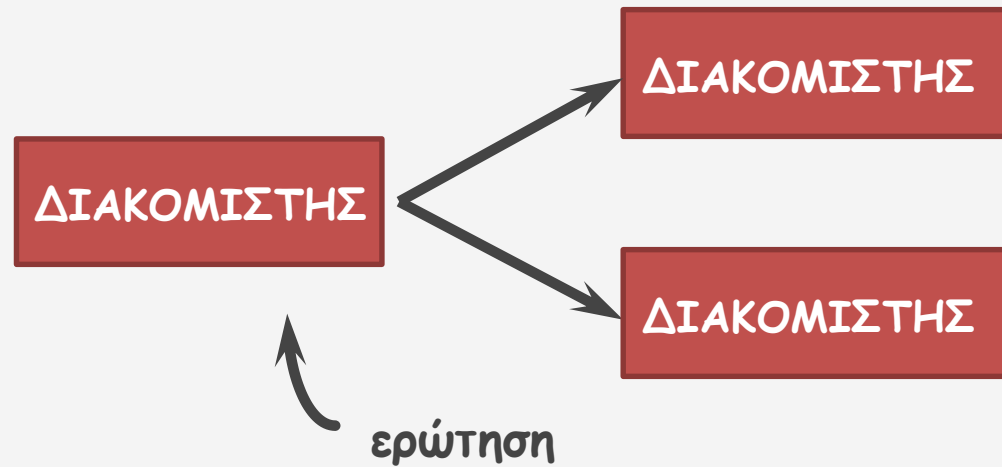
Πραγματικά κατανεμημένη αρχιτεκτονική βάσεων δεδομένων

Αρχιτεκτονική Πελάτη – Διακομιστή



- Πελάτη - Διακομιστή
 - Ο πελάτης στέλνει (ships) την ερώτηση σε μία πλευρά. Η επεξεργασία της ερώτησης γίνεται στον διακομιστή.

Αρχιτεκτονική Πελάτη – Διακομιστή

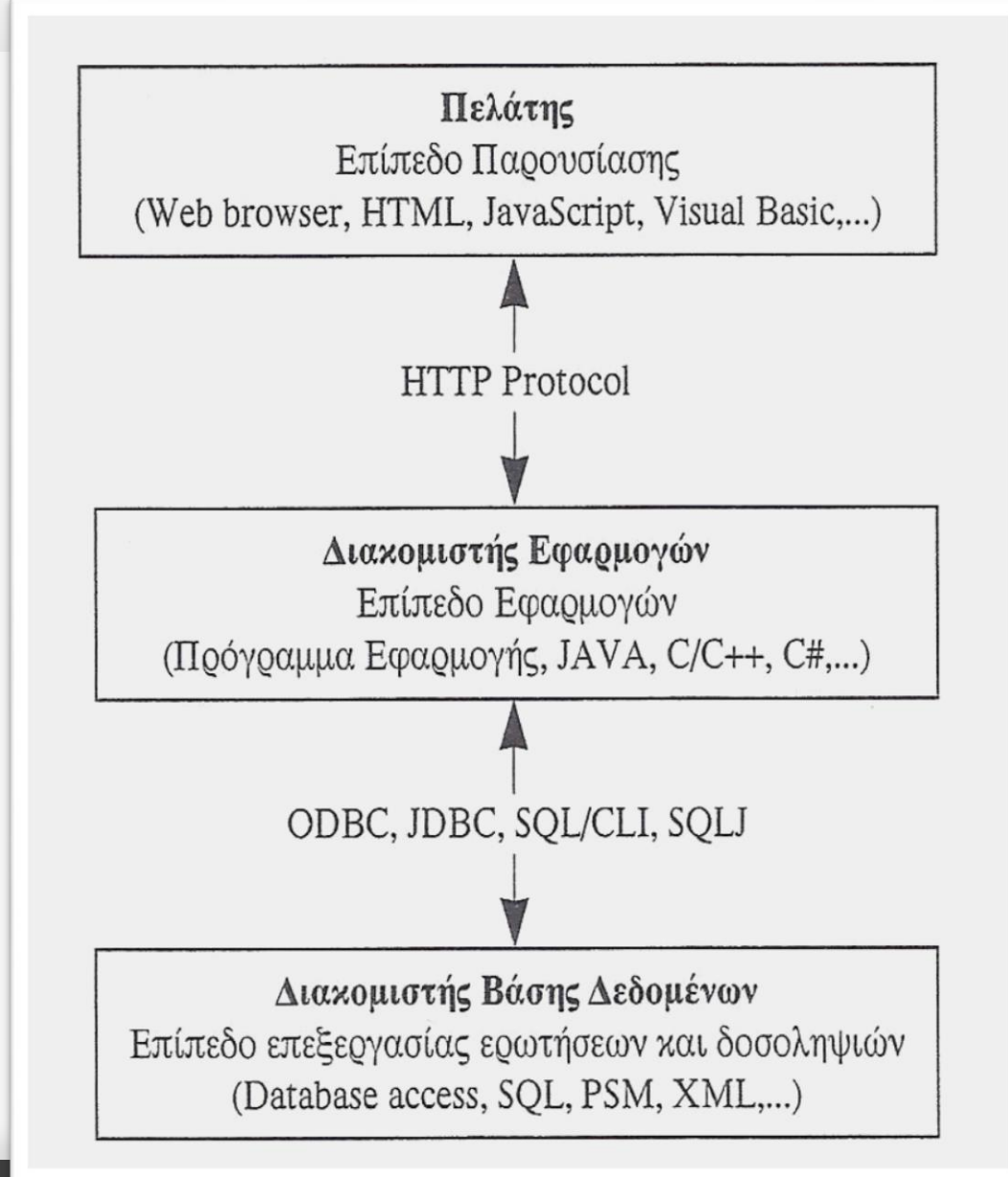


- Συνεργαζόμενων διακομιστών
 - Μια ερώτηση εκτελείται σε πολλές πλευρές.

Αρχιτεκτονική τριών επιπέδων Διακομιστή-Πελάτη (1)

- Τρία επίπεδα
 - **Επίπεδο παρουσίασης (πελάτης):**
 - Υποστηρίζει την διεπαφή του χρήστη και είναι σε αμφίδρομη κατάσταση με το χρήστη.
 - **Επίπεδο εφαρμογής (επιχειρηματική λογική):**
 - Προγραμματίζει τη λογική της εφαρμογής.
 - **Διακομιστής βάσεων δεδομένων:**
 - Διαχειρίζεται αιτήματα ερωτήσεων και ενημερώσεων από το επίπεδο της εφαρμογής, επεξεργάζεται τα αιτήματα, και στέλνει τα αποτελέσματα.

Αρχιτεκτονική τριών επιπέδων Διακομιστή-Πελάτη (2)



Αρχιτεκτονική τριών επιπέδων Διακομιστή-Πελάτη (3)

- Αλληλεπίδραση μεταξύ πελάτη-διακομιστή:
 - Ο **διακομιστής εφαρμογών** σχηματίζει μια ερώτηση του χρήστη με βάση δεδομένα από το επίπεδο του **πελάτη** και τη διασπά σε ένα πλήθος από ανεξάρτητες ερωτήσεις για τους κόμβους.
 - Κάθε **διακομιστής βάσης δεδομένων** επεξεργάζεται την τοπική ερώτηση και στέλνει τα αποτελέσματα στον κόμβο **διακομιστή της εφαρμογής**.
 - Ο **διακομιστής της εφαρμογής** συνδυάζει τα αποτελέσματα των υποερωτήσεων για να συνθέσει το αποτέλεσμα της ερώτησης που υποβλήθηκε, το μορφοποιεί (π.χ. σε HTML), και το στέλνει στον κόμβο του **πελάτη**.

Κατατεμαχισμός δεδομένων

- Ένα κατανεμημένο ΣΔΒΔ έχει πολλούς κόμβους
 - πως μοιράζουμε τα δεδομένα στους κόμβους;
- **Τεμαχισμός (τμηματοποίηση) (fragmentation):**
 - «κόβουμε» τη σχέση σε τμήματα και τα τοποθετούμε σε διαφορετικούς κόμβους.
- **Αντίγραφα (ομοιότυπα)**
- **Τεμαχισμός και αντίγραφα**
- **Τοποθέτηση (allocation)**

Κατατεμαχισμός δεδομένων

- Κατατεμαχισμός (fragmentation)
 - Οριζόντιος (horizontal)
 - Κάθετος (vertical)
 - Υβριδικός

TID

t1					
t2					
t3					
t4					

Οριζόντιος Κατατεμαχισμός

- Οριζόντιος Τεμαχισμός (horizontal fragmentation)
 - Με βάση κάποια συνθήκη – πράξη επιλογής (σ)
 - Σχέση ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ $\rightarrow$ Τρία οριζόντια τεμάχια:
 - (ΑΡΙΘ_Τ=5), (ΑΡΙΘ_Τ=4) και (ΑΡΙΘ_Τ=1),
 - Ο παραγόμενος οριζόντιος κατατεμαχισμός εφαρμόζει τον κατατεμαχισμό μιας πρωτεύουσας σχέσης (π.χ. ΤΜΗΜΑ) σε άλλες δευτερεύουσες σχέσεις (π.χ. ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ και ΕΡΓΟ), που συνδέονται με την πρωτεύουσα μέσω ενός ξένου κλειδιού.

Κάθετος Κατατεμαχισμός

- Κάθετος Κατατεμαχισμός (vertical fragmentation)
 - Με βάση κάποια συνθήκη – πράξη προβολής (π).
 - Είναι απαραίτητο να συμπεριλαμβάνεται το πρωτεύον κλειδί σε *κάθε* κατακόρυφο τεμάχιο, έτσι ώστε να είναι δυνατή η ανασύνθεση της πλήρους σχέσης στα τεμάχια.

TID

t1				
t2				
t3				
t4				

Υβριδικός Κατατεμαχισμός

- Υβριδικός Κατατεμαχισμός
 - Συνδυασμός των δύο προηγούμενων τύπων κατατεμαχισμού (μεικτός κατατεμαχισμός).

TID

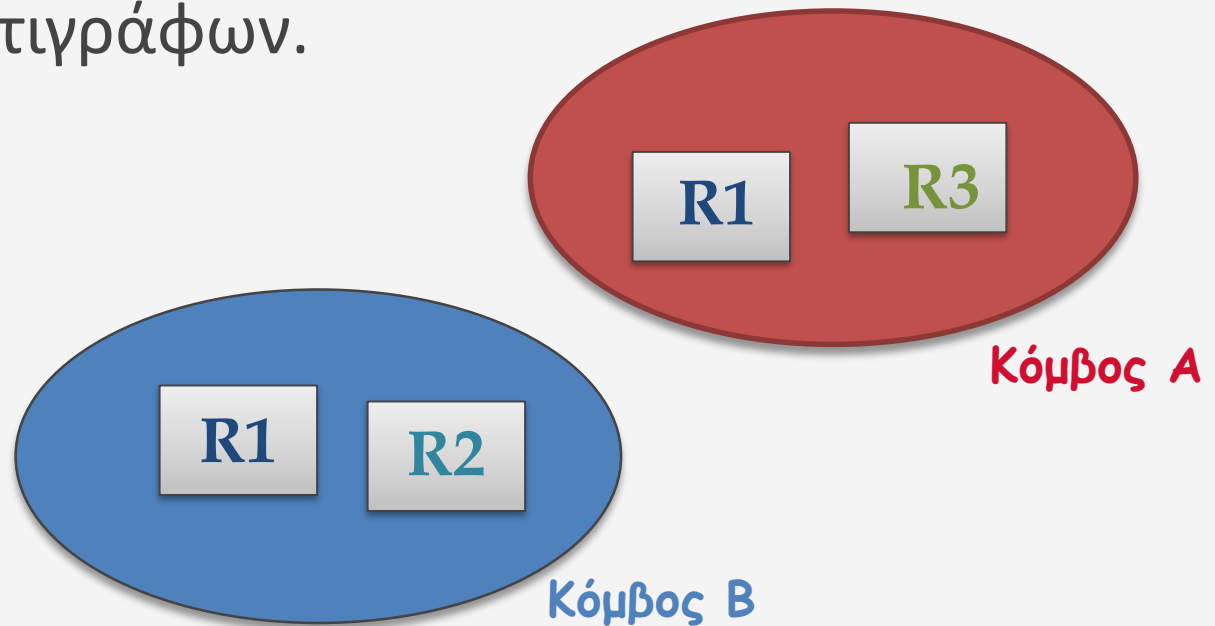
t1					
t2					
t3					
t4					

Σχήμα κατατεμαχισμού

- **Σχήμα κατατεμαχισμού** (fragmentation schema)
 - Ο ορισμός ενός συνόλου τεμαχίων που περιλαμβάνει όλα τα γνωρίσματα και τις πλειάδες στη βάση δεδομένων.
 - Ικανοποιεί τη συνθήκη ότι ολόκληρη η βάση δεδομένων μπορεί να ανακατασκευασθεί από τα τεμάχια εφαρμόζοντας μια ακολουθία πράξεων.
- **Σχήμα τοποθέτησης**
 - Απεικόνιση που προσδιορίζει για κάθε τεμάχιο σε ποιο(ους) κόμβο(ους) του ΚΣΒΔ θα αποθηκευτεί.
 - Ομοιοτυπημένο (replicated):
 - Το τεμάχιο που αποθηκεύεται σε περισσότερους από έναν κόμβους.

Αντίγραφα - Ομοιοτυπία

- Αντίγραφα - Ομοιοτυπία (Replication)
 - Διαθεσιμότητα.
 - Γρηγορότερος υπολογισμός ερωτήσεων.
 - Σύγχρονος και Ασύγχρονος υπολογισμός.
 - Ενημέρωση αντιγράφων.



Ομοιοτυπία

- **Πλήρως ομοιοτυπημένη κατανεμημένη βάση δεδομένων**
 - Ολόκληρη η βάση επαναλαμβάνεται σε κάθε κόμβο.
 - Αυξάνεται η διαθεσιμότητα.
 - Βελτίωση της απόδοσης ανακτήσεων.
 - Σημαντική επιβάρυνση στις ενημερώσεις.
- **Μη πλεοναστική κατανομή**
 - Απουσία ομοιοτυπίας: Κάθε τεμάχιο αποθηκεύεται σε ένα κόμβο και μόνο.
 - Όλα τα τεμάχια είναι ξένα μεταξύ τους.

Ομοιοτυπία

- **Μερική ομοιοτυπία**

- Μερικά τεμάχια της ΒΔ μπορεί να επαναλαμβάνονται ενώ άλλα όχι.
- Κάθε τεμάχιο πρέπει να τοποθετηθεί σε έναν συγκεκριμένο κόμβο του κατανεμημένου συστήματος (**κατανομή δεδομένων**).
- Η επιλογή των κόμβων και ο βαθμός της ομοιοτυπίας εξαρτώνται από τις απαιτήσεις για απόδοση και διαθεσιμότητα του συστήματος και από τους τύπους και τις συχνότητες των δοσοληψιών που υποβάλλονται σε κάθε κόμβο.
- Η εύρεση μιας βέλτιστης ή έστω καλής λύσης στην τοποθέτηση των δεδομένων αποτελεί ένα πολύπλοκο πρόβλημα βελτιστοποίησης.

Παράδειγμα Κατατεμαχισμού, Τοποθέτησης και Ομοιοτυπίας (1)

ΕΤΑΙΡΙΑ

ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ

ΟΝΟΜΑ	ΑΡΧ_ΠΑΤ	ΕΠΙΘΕΤΟ	<u>ΑΡ_ΤΑΥΤ</u>	ΗΜ_ΓΕΝ	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	ΦΥΛΟ	ΜΙΣΘΟΣ	ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΟΣ	ΑΡΙΘ_Τ
-------	---------	---------	----------------	--------	-----------	------	--------	--------------	--------

ΤΜΗΜΑ

T_ΟΝΟΜΑ	<u>ΚΩΔ_ΤΜΗΜ</u>	ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ	ΗΜΕΡ_ΕΝΑΡΞΗΣ
---------	-----------------	------------	--------------

ΤΟΠΟΘ_ΤΜΗΜΑ

<u>ΚΩΔ_ΤΜΗΜ</u>	<u>Τ_ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ</u>
-----------------	--------------------

ΕΡΓΟ

E_ΟΝΟΜΑ	<u>ΚΩΔ_ΕΡΓΟΥ</u>	ΤΟΠ_ΕΡΓΟΥ	K_ΤΜΗΜΑ
---------	------------------	-----------	---------

ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ

<u>E_ΑΡΤΑΥΤ</u>	<u>K_ΕΡΓΟ</u>	ΩΡΕΣ
-----------------	---------------	------

ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΟΣ

<u>E_ΑΡΤΑΥΤ</u>	<u>ΟΝΟΜΑ_ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΟΥ</u>	ΦΥΛΟ	ΗΜ_ΓΕΝ	ΣΧΕΣΗ
-----------------	--------------------------	------	--------	-------

Παράδειγμα Κατατεμαχισμού, Τοποθέτησης και Ομοιοτυπίας (2)

- 3 υπολογιστικοί κόμβοι:
 - Οι κόμβοι 2 και 3 είναι για τα τμήματα 5 και 4 αντίστοιχα.
- Ο κόμβος 1 περιέχει ολόκληρη τη βάση δεδομένων
 - Όλα τα τεμάχια των κόμβων 2 και 3 επαναλαμβάνονται στον κόμβο 1.

Παράδειγμα Κατατεμαχισμού, Τοποθέτησης και Ομοιοτυπίας (3)

(α)

ΕΡΓΤ5	ΟΝΟΜΑ	ΑΡΧ_ΠΑΤ	ΕΠΙΘΕΤΟ	<u>ΑΡ_ΤΑΥΤ</u>	ΜΙΣΘΟΣ	ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΟΣ	ΑΡΙΘ_Τ
	John	B	Smith	123456789	30000	333445555	5
	Franklin	T	Wong	333445555	40000	888665555	5
	Ramesh	K	Narayan	666884444	38000	333445555	5
	Joyce	A	English	453453453	25000	333445555	5

ΤΜΗ5	T_ONOMA	<u>ΚΩΔ_ΤΜΗΜ</u>	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	ΗΜΕΡ_ΕΝΑΡΞΗΣ	ΤΜΗ5_ΤΟΠ	<u>ΚΩΔ_ΤΜΗΜ</u>	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ
	Research	5	333445555	1988-05-02		5	Bellaire
						5	Sugarland
						5	Houston

ΑΠΑΣΧ_5	<u>Ε_ΑΡΤΑΥΤ</u>	<u>Κ_ΕΡΓΟ</u>	ΩΡΕΣ
	123456789	1	32.5
	123456789	2	7.5
	666884444	3	40.0
	453453453	1	20.0
	453453453	2	20.0
	333445555	2	10.0
	333445555	3	10.0
	333445555	10	10.0
	333445555	20	10.0

ΕΡΓΑ5	E_ONOMA	<u>ΚΩΔ_ΕΡΓΟΥ</u>	ΤΟΠ_ΕΡΓΟΥ	K_ΤΜΗΜΑ
	Product X	1	Bellaire	5
	Product Y	2	Sugarland	5
	Product Z	3	Houston	5

Δεδομένα στον κόμβο 2

Παράδειγμα Κατατεμαχισμού, Τοποθέτησης και Ομοιοτυπίας (4)

(β)

ΕΡΓΤ4	ΟΝΟΜΑ	ΑΡΧ_ΠΑΤ	ΕΠΙΘΕΤΟ	<u>ΑΡ_ΤΑΥΤ</u>	ΜΙΣΘΟΣ	ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΟΣ	ΑΡΙΘ_Τ
	Alicia	J	Zelaya	999887777	25000	987654321	4
	Jennifer	S	Wallace	987654321	43000	888665555	4
	Ahmad	V	Jabbar	987987987	25000	987654321	4

ΤΜΗ4	T_ONOMA	<u>ΚΩΔ_ΤΜΗΜ</u>	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	ΗΜΕΡ_ΕΝΑΡΞΗΣ
	Administration	4	987654321	1995-01-01

ΤΜΗ4_ΤΟΠ	<u>ΚΩΔ_ΤΜΗΜ</u>	<u>ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ</u>
	4	Stafford

ΑΠΑΣΧ_4	<u>Ε_ΑΡΤΑΥΤ</u>	<u>Κ_ΕΡΓΟ</u>	ΩΡΕΣ
	333445555	10	10.0
	999887777	30	30.0
	999887777	10	10.0
	987987987	10	35.0
	987987987	30	5.0
	987654321	30	20.0
	987654321	20	15.0

ΕΡΓΑ4	E_ONOMA	<u>ΚΩΔ_ΕΡΓΟΥ</u>	ΤΟΠ_ΕΡΓΟΥ	Κ_ΤΜΗΜΑ
	Computerization	10	Stafford	4
	Newbenefits	30	Stafford	4

Δεδομένα στον κόμβο 3

Παράδειγμα Κατατεμαχισμού, Τοποθέτησης και Ομοιοτυπίας (5)

- Κατατεμαχισμός της σχέσης ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ
 - Κανένα γνώρισμα της σχέσης δεν υποδεικνύει άμεσα το τμήμα στο οποίο ανήκει κάθε πλειάδα.
 - Κάθε πλειάδα της ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ συσχετίζει έναν εργαζόμενο e με ένα έργο p .
 - Κατατεμαχισμός βάσει του τμήματος d στο οποίο εργάζεται ο e ή βάσει του τμήματος d' το οποίο ελέγχει το p .
 - Εύκολο αν $d=d'$ για όλες τις πλειάδες της σχέσης ($\rightarrow$ αν οι e μπορούν να απασχοληθούν μόνο σε p που ελέγχει το τμήμα στο οποίο εργάζονται).

Παράδειγμα Κατατεμαχισμού, Τοποθέτησης και Ομοιοτυπίας (6)

(α) Εργαζόμενοι στο Τμήμα 5

G1	E_APTAYT	K_EPTO	ΩΠΕΣ
	123456789	1	32.5
	123456789	2	7.5
	666884444	3	40.0
	453453453	1	20.0
	453453453	2	20.0
	333445555	2	10.0
	333445555	3	10.0

C1=C AND (K_EPTO IN (SELECT
KΩΔ_EPTOY
FROM EPTO
WHERE K_TMHEMA=5))

G2	E_APTAYT	K_EPTO	ΩΠΕΣ
	333445555	2	10.0

C2=C AND (K_EPTO IN (SELECT
KΩΔ_EPTOY
FROM EPTO
WHERE K_TMHEMA=4))

G3	E_APTAYT	K_EPTO	ΩΠΕΣ
	333445555	2	10.0

C3=C AND (K_EPTO IN (SELECT
KΩΔ_EPTOY
FROM EPTO
WHERE K_TMHEMA=1))

Πλήρη και ξένα μεταξύ
τους τεμάχια για τη
σχέση ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ

(β) Εργαζόμενοι στο Τμήμα 4

G4	E_APTAYT	K_EPTO	ΩΠΕΣ
----	----------	--------	------

C4=C AND (K_EPTO IN (SELECT
KΩΔ_EPTOY
FROM EPTO
WHERE K_TMHEMA=5))

G5	E_APTAYT	K_EPTO	ΩΠΕΣ
	999887777	30	30.0
	999887777	10	10.0
	987987987	10	35.0
	987987987	30	5.0
	987654321	30	20.0

C5=C AND (K_EPTO IN (SELECT
KΩΔ_EPTOY
FROM EPTO
WHERE K_TMHEMA=4))

G6	E_APTAYT	K_EPTO	ΩΠΕΣ
	987654321	20	15.0

C6=C AND (K_EPTO IN (SELECT
KΩΔ_EPTOY
FROM EPTO
WHERE K_TMHEMA=1))

(γ) Εργαζόμενοι στο Τμήμα 1

G7	E_APTAYT	K_EPTO	ΩΠΕΣ
----	----------	--------	------

C7=C AND (K_EPTO IN (SELECT
KΩΔ_EPTOY
FROM EPTO
WHERE K_TMHEMA=5))

G8	E_APTAYT	K_EPTO	ΩΠΕΣ
----	----------	--------	------

C8=C AND (K_EPTO IN (SELECT
KΩΔ_EPTOY
FROM EPTO
WHERE K_TMHEMA=4))

G9	E_APTAYT	K_EPTO	ΩΠΕΣ
	888665555	20	null

C9=C AND (K_EPTO IN (SELECT
KΩΔ_EPTOY
FROM EPTO
WHERE K_TMHEMA=1))

Παράδειγμα Κατατεμαχισμού, Τοποθέτησης και Ομοιοτυπίας (6)

(α) Εργαζόμενοι στο Τμήμα 5

G1	E_APTAYT	K_EPFO	ΩΠΕΣ
	123456789	1	32.5
	123456789	2	7.5
	666884444	3	40.0
	453453453	1	20.0
	453453453	2	20.0
	333445555	2	10.0
	333445555	3	10.0

C1=C AND (K_EPFO IN (SELECT
KΩΔ_EPFOY
FROM EPFO
WHERE K_TMHMA=5))

G2	E_APTAYT	K_EPFO	ΩΠΕΣ
	333445555	2	10.0

C2=C AND (K_EPFO IN (SELECT
KΩΔ_EPFOY
FROM EPFO
WHERE K_TMHMA=4))

G3	E_APTAYT	K_EPFO	ΩΠΕΣ
	333445555	2	10.0

C3=C AND (K_EPFO IN (SELECT
KΩΔ_EPFOY
FROM EPFO
WHERE K_TMHMA=1))

Όλες οι πλειάδες της
σχέσης ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ
για τους εργαζόμενους
στο τμήμα 5 και 4.

(β) Εργαζόμενοι στο Τμήμα 4

G4	E_APTAYT	K_EPFO	ΩΠΕΣ

C4=C AND (K_EPFO IN (SELECT
KΩΔ_EPFOY
FROM EPFO
WHERE K_TMHMA=5))

G5	E_APTAYT	K_EPFO	ΩΠΕΣ
	999887777	30	30.0
	999887777	10	10.0
	987987987	10	35.0
	987987987	30	5.0
	987654321	30	20.0

C5=C AND (K_EPFO IN (SELECT
KΩΔ_EPFOY
FROM EPFO
WHERE K_TMHMA=4))

G6	E_APTAYT	K_EPFO	ΩΠΕΣ
	987654321	20	15.0

C6=C AND (K_EPFO IN (SELECT
KΩΔ_EPFOY
FROM EPFO
WHERE K_TMHMA=1))

(γ) Εργαζόμενοι στο Τμήμα 1

G7	E_APTAYT	K_EPFO	ΩΠΕΣ

C7=C AND (K_EPFO IN (SELECT
KΩΔ_EPFOY
FROM EPFO
WHERE K_TMHMA=5))

G8	E_APTAYT	K_EPFO	ΩΠΕΣ

C8=C AND (K_EPFO IN (SELECT
KΩΔ_EPFOY
FROM EPFO
WHERE K_TMHMA=4))

G9	E_APTAYT	K_EPFO	ΩΠΕΣ
	888665555	20	null

C9=C AND (K_EPFO IN (SELECT
KΩΔ_EPFOY
FROM EPFO
WHERE K_TMHMA=1))

Παράδειγμα Κατατεμαχισμού, Τοποθέτησης και Ομοιοτυπίας (6)

(α) Εργαζόμενοι στο Τμήμα 5

G1	E_APTAYT	K_EPΓO	ΩΠΕΣ
	123456789	1	32.5
	123456789	2	7.5
	666884444	3	40.0
	453453453	1	20.0
	453453453	2	20.0
	333445555	2	10.0
	333445555	3	10.0

C1=C AND (K_EPΓO IN (SELECT
KΩΔ_EPΓOY
FROM EPΓO
WHERE K_TMHMA=5))

(β) Εργαζόμενοι στο Τμήμα 4

G4	E_APTAYT	K_EPΓO	ΩΠΕΣ
----	----------	--------	------

C4=C AND (K_EPΓO IN (SELECT
KΩΔ_EPΓOY
FROM EPΓO
WHERE K_TMHMA=5))

(γ) Εργαζόμενοι στο Τμήμα 1

G7	E_APTAYT	K_EPΓO	ΩΠΕΣ
----	----------	--------	------

C7=C AND (K_EPΓO IN (SELECT
KΩΔ_EPΓOY
FROM EPΓO
WHERE K_TMHMA=5))

G2	E_APTAYT	K_EPΓO	ΩΠΕΣ
	333445555	2	10.0

C2=C AND (K_EPΓO IN (SELECT
KΩΔ_EPΓOY
FROM EPΓO
WHERE K_TMHMA=4))

G5	E_APTAYT	K_EPΓO	ΩΠΕΣ
	999887777	30	30.0
	999887777	10	10.0
	987987987	10	35.0
	987987987	30	5.0
	987654321	30	20.0

C5=C AND (K_EPΓO IN (SELECT
KΩΔ_EPΓOY
FROM EPΓO
WHERE K_TMHMA=4))

G8	E_APTAYT	K_EPΓO	ΩΠΕΣ
----	----------	--------	------

C8=C AND (K_EPΓO IN (SELECT
KΩΔ_EPΓOY
FROM EPΓO
WHERE K_TMHMA=4))

G3	E_APTAYT	K_EPΓO	ΩΠΕΣ
	333445555	2	10.0

C3=C AND (K_EPΓO IN (SELECT
KΩΔ_EPΓOY
FROM EPΓO
WHERE K_TMHMA=1))

G6	E_APTAYT	K_EPΓO	ΩΠΕΣ
	987654321	20	15.0

C6=C AND (K_EPΓO IN (SELECT
KΩΔ_EPΓOY
FROM EPΓO
WHERE K_TMHMA=1))

G9	E_APTAYT	K_EPΓO	ΩΠΕΣ
	888665555	20	null

C9=C AND (K_EPΓO IN (SELECT
KΩΔ_EPΓOY
FROM EPΓO
WHERE K_TMHMA=1))

Όλες οι πλειάδες της
σχέσης ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ
για έργα που ελέγχονται
από το τμήμα 5 και 4.

Παράδειγμα Κατατεμαχισμού, Τοποθέτησης και Ομοιοτυπίας (7)

(α)

ΕΡΓΤ5	ΟΝΟΜΑ	ΑΡΧ_ΠΑΤ	ΕΠΙΘΕΤΟ	ΑΡ_ΤΑΥΤ	ΜΙΣΘΟΣ	ΠΡΟΣΤΑΜΕΝΟΣ	ΑΡΙΘ_Τ
	John	B	Smith	123456789	30000	333445555	5
	Franklin	T	Wong	333445555	40000	888665555	5
	Ramesh	K	Narayan	666884444	38000	333445555	5
	Joyce	A	English	453453453	25000	333445555	5

ΤΜΗ5	T_ONOMA	ΚΩΔ_ΤΜΗΜ	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	ΗΜΕΡ_ΕΝΑΡΞΗΣ	ΤΜΗ5_ΤΟΠ	ΚΩΔ_ΤΜΗΜ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ
	Research	5	333445555	1988-05-02		5	Bellaire
						5	Sugarland
						5	Houston

ΑΠΑΣΧ_5	E_ΑΡΤΑΥΤ	Κ_ΕΡΓΟ	ΩΡΕΣ	ΕΡΓΑ5	E_ONOMA	ΚΩΔ_ΕΡΓΟΥ	ΤΟΠ_ΕΡΓΟΥ	Κ_ΤΜΗΜΑ
	123456789	1	32.5					
	123456789	2	7.5		Product X	1	Bellaire	5
	666884444	3	40.0		Product Y	2	Sugarland	5
	453453453	1	20.0		Product Z	3	Houston	5
	453453453	2	20.0					
	333445555	2	10.0					
	333445555	3	10.0					
	333445555	10	10.0					
	333445555	20	10.0					

Δεδομένα στον κόμβο 2

G_1, G_2, G_3, G_4 και G_7

(β)

ΕΡΓΤ4	ΟΝΟΜΑ	ΑΡΧ_ΠΑΤ	ΕΠΙΘΕΤΟ	ΑΡ_ΤΑΥΤ	ΜΙΣΘΟΣ	ΠΡΟΣΤΑΜΕΝΟΣ	ΑΡΙΘ_Τ
	Alicia	J	Zelaya	999887777	25000	987654321	4
	Jennifer	S	Wallace	987654321	43000	888665555	4
	Ahmad	V	Jabbar	987987987	25000	987654321	4

ΤΜΗ4	T_ONOMA	ΚΩΔ_ΤΜΗΜ	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	ΗΜΕΡ_ΕΝΑΡΞΗΣ	ΤΜΗ4_ΤΟΠ	ΚΩΔ_ΤΜΗΜ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ
	Administration	4	987654321	1995-01-01		4	Stafford

ΑΠΑΣΧ_4	E_ΑΡΤΑΥΤ	Κ_ΕΡΓΟ	ΩΡΕΣ	ΕΡΓΑ4	E_ONOMA	ΚΩΔ_ΕΡΓΟΥ	ΤΟΠ_ΕΡΓΟΥ	Κ_ΤΜΗΜΑ
	333445555	10	10.0					
	999887777	30	30.0		Computerization	10	Stafford	4
	999887777	10	10.0		Newbenefits	30	Stafford	4
	987987987	10	35.0					
	987987987	30	5.0					
	987654321	30	20.0					
	987654321	20	15.0					

Δεδομένα στον κόμβο 3

G_4, G_5, G_6, G_2 και G_8

Επεξεργασία Ερωτήσεων και βελτιστοποίηση σε ΚΒΔ

- Η επεξεργασία μιας κατανεμημένης ερώτησης γίνεται ακολουθώντας τα παρακάτω στάδια:
 - Απεικόνιση της ερώτησης
 - Αναδόμηση σε αλγεβρική ερώτηση με βάση το καθολικό εννοιολογικό σχήμα.
 - Τοπικότητα
 - Απεικόνιση της κατανεμημένης ερώτησης σε ξεχωριστές ερωτήσεις χρησιμοποιώντας πληροφορίες κατανομής και επανάληψης δεδομένων.
 - Καθολική βελτιστοποίηση ερωτήσεων
 - Επιλογή μιας στρατηγικής από μια λίστα υποψήφιων που πλησιάζουν τη βέλτιστη.
 - Τοπική βελτιστοποίηση ερωτήσεων
 - Κοινό σε όλους τους κόμβους σε μια ΚΒΔ.

Κόστος μεταφοράς δεδομένων στην επεξεργασία κατανεμημένων ερωτήσεων

- Κόστος μεταφοράς των δεδομένων μέσω του δικτύου.
- Ενδιάμεσα αρχεία που μεταφέρονται σε άλλους κόμβους για περαιτέρω επεξεργασία.
- Αρχεία με το τελικό αποτέλεσμα μεταφέρονται στον κόμβο που χρειάζεται το αποτέλεσμα της ερώτησης.
- Οι αλγόριθμοι βελτιστοποίησης ενός ΚΣΔΒΔ περιλαμβάνουν μεταξύ των κριτηρίων βελτιστοποίησης, τη μείωση της ποσότητας των διακινούμενων δεδομένων.

Παράδειγμα κόστους μεταφοράς δεδομένων (1)

ΚΟΜΒΟΣ 1:

ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ

ΟΝΟΜΑ	ΑΡΧ_ΠΑΤ	ΕΠΙΘΕΤΟ	<u>ΑΡ_ΤΑΥΤ</u>	ΗΜ_ΓΕΝ	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ	ΦΥΛΟ	ΜΙΣΘΟΣ	ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΟΣ	ΑΡΙΘ_Τ
-------	---------	---------	----------------	--------	-----------	------	--------	--------------	--------

10.000 εγγραφές

Κάθε εγγραφή έχει μέγεθος 100 μπάιτ

Το πεδίο ΑΡ_ΤΑΥΤ έχει μέγεθος 9 μπάιτ

Το πεδίο ΑΡΙΘ_Τ έχει μέγεθος 4 μπάιτ

Το πεδίο ΟΝΟΜΑ έχει μέγεθος 15 μπάιτ

Το πεδίο ΕΠΙΘΕΤΟ έχει μέγεθος 15 μπάιτ

ΚΟΜΒΟΣ 2:

ΤΜΗΜΑ

T_ΟΝΟΜΑ	<u>ΚΩΔ_ΤΜΗΜ</u>	ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ	ΗΜΕΡ_ΕΝΑΡΞΗΣ
---------	-----------------	------------	--------------

100 εγγραφές

Κάθε εγγραφή έχει μέγεθος 35 μπάιτ

Το πεδίο ΚΩΔ_ΤΜΗΜ έχει μέγεθος 4 μπάιτ

Το πεδίο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ έχει μέγεθος 9 μπάιτ

Το πεδίο T_ΟΝΟΜΑ έχει μέγεθος 10 μπάιτ

Παράδειγμα κόστους μεταφοράς δεδομένων (2)

- Μέγεθος της σχέσης ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ:
 - $100 * 10.000 = 1.000.000$ μπάιτ
- Μέγεθος της σχέσης ΤΜΗΜΑ:
 - $35 * 100 = 3.500$ μπάιτ

Ε: «Για κάθε εργαζόμενο να ανακτηθούν το όνομά του και το όνομα του τμήματος στο οποίο εργάζεται»

$\pi_{ΟΝΟΜΑ,ΕΠΙΘΕΤΟ,T_ΟΝΟΜΑ} (ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ \bowtie_{ΑΡΙΘ_T=ΚΩΔ_ΤΜΗΜ} ΤΜΗΜΑ)$

- Κάθε εργαζόμενος ανήκει σε ένα τμήμα $\rightarrow$ το αποτέλεσμα της ερώτησης θα περιέχει 10.000 εγγραφές.
- Κάθε εγγραφή στο αποτέλεσμα της ερώτησης έχει μήκος 40 μπάιτ.
- Η ερώτηση υποβάλλεται στον κόμβο 3 (κόμβος αποτελέσματος).

Παράδειγμα κόστους μεταφοράς δεδομένων (3)

- Τρεις απλές στρατηγικές για εκτέλεση της κατανεμημένης ερώτησης:
 1. Μεταφορά της σχέσης ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ και ΤΜΗΜΑ στον κόμβο αποτελέσματος και εκτέλεση της συνένωσης στον κόμβο 3.
 - Μεταφορά $1.000.000 + 3.500 = 1.003.500$ μπάιτ
 2. Μεταφορά της σχέσης ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ στον κόμβο 2, εκτέλεση της συνένωσης στον κόμβο 2 και αποστολή του αποτελέσματος στον κόμβο 3.
 - Μεταφορά $400.000 + 1.000.000 = 1.400.000$ μπάιτ
 3. Μεταφορά της σχέσης ΤΜΗΜΑ στον κόμβο 1, εκτέλεση της συνένωσης στον κόμβο 1, και αποστολή του αποτελέσματος στον κόμβο 3.
 - Μεταφορά $400.000 + 3.500 = 403.500$ μπάιτ

Παράδειγμα κόστους μεταφοράς δεδομένων (4)

Ε': «Για κάθε τμήμα να ανακτηθεί το όνομά του και το όνομα του διευθυντή του τμήματος»

$\pi_{T_ONOMA}(TMHMA \bowtie_{ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ=ΑΡ_ΤΑΥΤ} ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ)$

- Τρεις στρατηγικές για εκτέλεση της κατανεμημένης ερώτησης
 1. Μεταφορά της σχέσης ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ και ΤΜΗΜΑ στον κόμβο αποτελέσματος και εκτέλεση της συνένωσης στον κόμβο 3.
 - Μεταφορά $1.000.000 + 3.500 = 1.003.500$ μπάιτ
 2. Μεταφορά της σχέσης ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ στον κόμβο 2, εκτέλεση της συνένωσης στον κόμβο 2 και αποστολή του αποτελέσματος στον κόμβο 3.
 - Μεταφορά $4.000 + 1.000.000 = 1.004.000$ μπάιτ
 3. Μεταφορά της σχέσης ΤΜΗΜΑ στον κόμβο 1, εκτέλεση της συνένωσης στον κόμβο 1, και αποστολή του αποτελέσματος στον κόμβο 3.
 - Μεταφορά $4.000 + 3.500 = 7.500$ μπάιτ

Παράδειγμα κόστους μεταφοράς δεδομένων (6)

- Αν υποθέσουμε ότι ο κόμβος αποτελέσματος είναι ο κόμβος 2, τότε έχουμε δύο απλές στρατηγικές:
 1. Μεταφορά της σχέσης ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ στον κόμβο 2, εκτέλεση της ερώτησης και παρουσίαση του αποτελέσματος στον κόμβο 2.
 - Μεταφορά $1.000.000 = 1.000.000$ μπάιτ – τόσο για την Ε όσο και για την Ε'.
 2. Μεταφορά της σχέσης ΤΜΗΜΑ στον κόμβο 1, εκτέλεση της ερώτησης στον κόμβο 1, και μεταφορά του αποτελέσματος στον κόμβο 2.
 - Μεταφορά $400.000 + 3.500 = 403.500$ μπάιτ για την Ε, και $4.000 + 3.500 = 7.500$ μπάιτ για την Ε'.

Ημισυνένωση (Semijoin)

- Μείωση του αριθμού των πλειάδων σε μια σχέση, πριν αυτή μεταφερθεί σε κάποιον άλλο κόμβο.
- Ιδέα:
 - Μεταφορά της στήλης συνένωσης μιας σχέσης R στον κόμβο που βρίσκεται η σχέση S .
 - Η στήλη αυτή συνενώνεται με την S .
 - Εξάγονται μέσω μιας προβολής τα γνωρίσματα συνένωσης μαζί με τα γνωρίσματα που απαιτούνται στο αποτέλεσμα και μεταφέρονται στον αρχικό κόμβο, όπου συνενώνονται με την R .
 - Επομένως, μόνο η στήλη συνένωσης της R μεταφέρεται κατά τη μια κατεύθυνση και κατά την άλλη μεταφέρεται μόνο το υποσύνολο της S χωρίς περιττές πλειάδες.

Ημισυνένωση (Semijoin) - Παράδειγμα

- Στρατηγικές εκτέλεσης των E και E' :
 1. Προβολή των γνωρισμάτων συνένωσης της σχέσης ΤΜΗΜΑ στον κόμβο 2 και μεταφορά τους στον κόμβο 1.
 - $E: F = \pi_{\text{ΚΩΔ_ΤΜΗΜ}}(\text{ΤΜΗΜΑ}) \rightarrow 4 * 100 = 400$ μπάιτ
 - $E': F' = \pi_{\text{ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ}}(\text{ΤΜΗΜΑ}) \rightarrow 9 * 100 = 900$ μπάιτ
 2. Συνένωση του αρχείου που μεταφέρθηκε με τη σχέση ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ στον κόμβο 1 και μεταφορά των απαιτούμενων γνωρισμάτων του αρχείου αποτελέσματος στον κόμβο 2.
 - $E: R = \pi_{\langle \text{ΑΡΙΘ_Τ, ΟΝΟΜΑ, ΕΠΙΘΕΤΟ} \rangle}(F \bowtie_{\text{ΚΩΔ_ΤΜΗΜ}=\text{ΑΡΙΘ_Τ}} \text{ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ}) \rightarrow 34 * 10.000 = 340.000$ μπάιτ
 - $E': R' = \pi_{\langle \text{ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ, ΟΝΟΜΑ, ΕΠΙΘΕΤΟ} \rangle}(F \bowtie_{\text{ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ}=\text{ΑΡ_ΤΑΥΤ}} \text{ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ}) \rightarrow 39 * 100 = 3.900$ μπάιτ
 3. Εκτέλεση της ερώτησης με συνένωση του αρχείου R ή R' που μεταφέρθηκε, με τη σχέση ΤΜΗΜΑ και παρουσίαση του αποτελέσματος στον χρήστη στον κόμβο 2.

Ημισυνένωση (Semijoin) - Ορισμός

- Μια πράξη συνένωσης $R \bowtie_{A=B} S$, όπου A και B είναι γνωρίσματα με συμβατά πεδία ορισμού των R και S αντίστοιχα, παράγει το ίδιο αποτέλεσμα με την έκφραση σχεσιακής άλγεβρας $\pi_R(R \bowtie_{A=B} S)$.
- Σε ένα κατανεμημένο περιβάλλον, όπου οι R και S αποθηκεύονται σε διαφορετικούς κόμβους, τυπικά η ημισυνένωση υλοποιείται μεταφέροντας πρώτα την $F = \pi_B(S)$ στον κόμβο όπου βρίσκεται η R και ακολούθως συνενώνοντας την F με την R .
- Η πράξη ημισυνένωσης δεν είναι αντιμεταθετική:
 - $R \bowtie S \neq S \bowtie R$

Διάσπαση Ερωτήσεων και Ενημερώσεων (1)

- **ΚΣΔΒΔ χωρίς διαφάνεια τοποθέτησης**
 - Ο χρήστης σχηματίζει ερώτηση αναφερόμενος ρητά σε συγκεκριμένα τεμάχια
 - **Ε: «Να ανακτηθεί το όνομα και οι ώρες απασχόλησης για κάθε εργαζόμενο ο οποίος απασχολείται σε κάποιο έργο που ελέγχεται από το τμήμα 4»**
 - Προσδιορισμός για αναφορά στις σχέσεις ΕΡΓΑ4 και ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ4 στον κόμβο 3 ή στις σχέσεις ΕΡΓΟ και ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ στον κόμβο 1.
- **Διατήρηση συνέπειας των ομοιοτυπημένων δεδομένων, για ΒΔ χωρίς διαφάνεια ομοιοτυπίας.**

Διάσπαση Ερωτήσεων και Ενημερώσεων (2)

- **ΚΣΔΒΔ με πλήρη διαφάνεια τοποθέτησης, κατατεμαχισμού και ομοιοτυπίας**
 - Ο χρήστης σχηματίζει ερώτηση ακριβώς σαν να επρόκειτο για συγκεντρωτικό ΣΔΒΔ.
 - Το ΚΣΔΒΔ είναι υπεύθυνο για διατήρηση της συνέπειας μεταξύ των ομοιοτυπημένων αντικειμένων.
 - Απαραίτητη η ύπαρξη ενός υποσυστήματος διάσπασης ερωτήσεων, που θα διασπά μιας ερώτηση σε υποερωτήσεις.
 - Δημιουργία στρατηγικής συνδυασμού των αποτελεσμάτων των υποερωτήσεων για το σχηματισμό του αποτελέσματος της ερώτησης.

Διάσπαση Ερωτήσεων και Ενημερώσεων (3)

- ΚΣΔΒΔ με πλήρη *διαφάνεια τοποθέτησης, κατατεμαχισμού και ομοιοτυπίας (συνέχεια)*
 - Όταν το ΚΣΔΒΔ εντοπίσει ότι ένα στοιχείο που αναφέρεται σε μια ερώτηση υπάρχει σε επανάληψη, πρέπει να επιλέξει ή να **υλοποιήσει** ένα συγκεκριμένο αντίγραφο που θα χρησιμοποιηθεί για την ερώτηση.
 - Για τον εντοπισμό των ομοιότυπων, το ΚΣΔΒΔ ανατρέχει στις πληροφορίες κατατεμαχισμού, ομοιοτυπίας και κατανομής, που αποθηκεύονται στον κατάλογο του ΚΣΔΒΔ.
 - Κατακόρυφος κατατεμαχισμός: Η λίστα των γνωρισμάτων κάθε τεμαχίου αποθηκεύεται στον κατάλογο.
 - Οριζόντιος κατατεμαχισμός: Μια συνθήκη (**φρουρός**) για κάθε τεμάχιο, η οποία προσδιορίζει ποιες πλειάδες περιλαμβάνονται, αποθηκεύεται στον κατάλογο (συνθήκη φρούρησης).

Διάσπαση Ερωτήσεων και Ενημερώσεων (4)

- ΚΣΔΒΔ με πλήρη διαφάνεια τοποθέτησης, κατατεμαχισμού και ομοιοτυπίας (συνέχεια)
 - Στο προηγούμενο παράδειγμα:
 - Συνθήκες φρούρησης του κόμβου 1: TRUE για όλες τις πλειάδες, και * οι λίστες γνωρισμάτων.
 - Συνθήκες φρούρησης του κόμβου 3:

```
ΕΡΓΤ4
λίστα γνωρισμάτων: ΟΝΟΜΑ, ΑΡΧ_ΠΑΤ, ΕΠΙΘΕΤΟ, ΑΡ_ΤΑΥΤ, ΜΙΣΘΟΣ, ΠΡΟΪΣΤΑΜΕΝΟΣ, ΑΡΙΘ_Τ
συνθήκη φρούρησης: ΑΡΙΘ_Τ = 4
ΤΜΗ4
λίστα γνωρισμάτων: * (όλα τα γνωρίσματα Τ_ΟΝΟΜΑ, ΚΩΔ_ΤΜΗΜ, ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ, ΗΜΕΡ_ΕΝΑΡ*ΗΣ)
συνθήκη-φρούρησης: ΚΩΔ_ΤΜΗΜ = 4
ΤΜΗ4_ΤΟΠ
λίστα γνωρισμάτων: * (όλα τα γνωρίσματα ΚΩΔ_ΤΜΗΜ, ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ)
συνθήκη φρούρησης: Κ_ΤΜΗΜΑ = 4
ΕΡΓΑ4
λίστα γνωρισμάτων: * (όλα τα γνωρίσματα Ε_ΟΝΟΜΑ, ΚΩΔ_ΕΡΓΟΥ, ΤΟΠ_ΕΡΓΟΥ, Κ_ΤΜΗΜΑ)
συνθήκη φρούρησης: Κ_ΤΜΗΜΑ = 4
ΑΠΑΣΧ_4
λίστα γνωρισμάτων: * (όλα τα γνωρίσματα Ε_ΑΡΤΑΥΤ, Κ_ΕΡΓΟ, ΩΡΕΣ)
συνθήκη φρούρησης: Ε_ΑΡΤΑΥΤ IN (πΑΡ_ΤΑΥΤ(ΕΡΓΤ4)) OR Κ_ΕΡΓΟ IN (πΚΩΔ_ΕΡΓΟΥ(ΕΡΓΑ4))
```

Διάσπαση Ερωτήσεων και Ενημερώσεων (5)

- ΚΣΔΒΔ με πλήρη διαφάνεια τοποθέτησης, κατατεμαχισμού και ομοιοτυπίας (συνέχεια)
 - Για τη διάσπαση ερωτήσεων, το ΚΣΔΒΔ προσδιορίζει ποια τεμάχια είναι δυνατόν να περιέχουν τις ζητούμενες πλειάδες, συγκρίνοντας τη συνθήκη της ερώτησης με τη συνθήκης φρούρησης.
 - Ε: **SELECT** ΟΝΟΜΑ, ΕΠΙΘΕΤΟ, ΩΡΕΣ
FROM ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ, ΕΡΓΟ, ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ
WHERE Κ_ΤΜΗΜΑ=4 **AND** ΚΩΔ_ΕΡΓΟΥ=Κ_ΕΡΓΟ **AND** Ε_ΑΡΤΑΥΤ=ΑΡ_ΤΑΥΤ
 - Από τη συνθήκη φρούρησης στις ΕΡΓΑ4 και ΑΠΑΣΧ_4, το ΚΣΔΒΔ μπορεί να προσδιορίσει ότι όλες οι πλειάδες που ικανοποιούν τις συνθήκες βρίσκονται στον κόμβο 3. Επομένως, μπορεί να διασπαστεί η ερώτηση στις ακόλουθες υποερωτήσεις:
 - $T_1 \leftarrow \pi_{E_ΑΡΤΑΥΤ}(ΕΡΓΑ4 \bowtie_{ΚΩΔ_ΕΡΓΟΥ=Κ_ΕΡΓΟ} ΑΠΑΣΧ_4)$
 - $T_2 \leftarrow \pi_{E_ΑΡΤΑΥΤ,ΟΝΟΜΑ,ΕΠΙΘΕΤΟ}(T_1 \bowtie_{E_ΑΡΤΑΥΤ=ΑΡ_ΤΑΥΤ} ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ)$
 - **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ** $\leftarrow \pi_{ΟΝΟΜΑ,ΕΠΙΘΕΤΟ,ΩΡΕΣ}(T_2 * ΑΠΑΣΧ_4)$

Διάσπαση Ερωτήσεων και Ενημερώσεων (6)

- Στρατηγική ημισυνένωσης:
 - Εκτέλεση της T_1 στον κόμβο 3.
 - Προβολή του αποτελέσματος στη στήλη E_ARΤΑΥΤ και αποστολή στον κόμβο 1.
 - Εκτέλεση της T_2 στον κόμβο 1 και αποστολή του αποτελέσματος στον κόμβο 3.
- Εναλλακτική:
 - Αποστολή της E στον κόμβο 1.
 - Εκτέλεση της E τοπικά
 - Αποστολή του αποτελέσματος στον κόμβο 2.

Έλεγχος συνδρομικότητας σε ΚΒΔ (1)

- Προβλήματα σε ΚΒΔ:
 - Αντιμετώπιση των πολλαπλών αντιγράφων των δεδομένων
 - Αποτυχία επιμέρους κόμβων
 - Αποτυχία επικοινωνιακών συνδέσεων
 - Κατανεμημένη επικύρωση
 - Κατανεμημένο αδιέξοδο
- Οι κατανεμημένες τεχνικές ελέγχου συνδρομικότητας και ανάκαμψης πρέπει να αντιμετωπίζουν τα παραπάνω προβλήματα.

Έλεγχος συνδρομικότητας σε ΚΒΔ (2)

- Αντιμετώπιση των ομοιοτυπημένων δεδομένων:
 - Επιλογή ενός συγκεκριμένου αντίγραφου ως **διακεκριμένο αντίγραφο**.
- Τεχνική πρωτεύοντος κόμβου
- Πρωτεύων κόμβος με εφεδρικό κόμβο
- Τεχνική πρωτεύοντος αντιγράφου
- Επιλογή νέου κόμβου συντονισμού σε περίπτωση αποτυχίας
 - Μέθοδος εκλογής

Έλεγχος συνδρομικότητας σε ΚΒΔ (3)

- Αντιμετώπιση των ομοιοτυπημένων δεδομένων:
 - Έλεγχος συνδρομικότητας με τη **μέθοδο ψηφοφορίας**.
 - Δεν υπάρχει διακεκριμένο αντίγραφο.
 - Κλείδωμα αιτήματος από τη πλειοψηφία των αντιγράφων.
 - Αν δεν λάβει πλειοψηφία εντός χρονικού ορίου (time-out), το αίτημα ακυρώνεται.
 - Πραγματικά κατανεμημένη μέθοδος.
 - Μεγαλύτερη κυκλοφορία μηνυμάτων μεταξύ των κόμβων.
 - Πολύπλοκη μέθοδος.

Κατάλογος Συστήματος

- Δημοφιλή σχήματα διαχείρισης κατανεμημένων καταλόγων:
 - **Κεντρικοί κατάλογοι**
 - Ολόκληρος ο κατάλογος αποθηκεύεται σε έναν μόνο κόμβο.
 - **Πλήρως επαναλαμβανόμενοι κατάλογοι**
 - Πανομοιότυπα αντίγραφα όλου του καταλόγου βρίσκονται σε κάθε κόμβο.
 - **Μερικώς επαναλαμβανόμενοι κατάλογοι**
 - Κάθε κόμβος διατηρεί ένα πλήρη κατάλογο για τα δεδομένα που αποθηκεύονται τοπικά.
 - Επιτρέπεται σε κάθε κόμβο να έχει στην cache δεδομένα από απομακρυσμένους κόμβους (δεν είναι εξασφαλισμένο ότι τα δεδομένα αυτά θα είναι τα πιο ενημερωμένα).

Κατάλογος Συστήματος

- **Όνομα** για κάθε αντίγραφο σε κάθε κόμβο. Διατήρηση τοπικής αυτονομίας
 - `<local-name, birth-site>`
- **Συγκεντρωτικός κατάλογος** (και αντίγραφά του)
- **Κατάλογος σε κάθε κόμβο:** **τοπικός κατάλογος** → περιγράφει κάθε αντικείμενο (τεμάχιο, αντίγραφο) που είναι αποθηκευμένα στον κόμβο + **κατάλογος καταγωγής** → κρατά πληροφορία για τα αντίγραφα των σχέσεων που δημιουργήθηκαν στον κόμβο.
 - Εύρεση σχέσης, αναζήτηση στον κατάλογο στον κόμβο που δημιουργήθηκε.
 - Ο κόμβος που δημιουργήθηκε η σχέση δεν αλλάζει ακόμα και αν η σχέση μετακινηθεί.

Τρέχουσες τάσεις σε ΚΒΔ

- **Υπολογιστική νέφους**

- Προσφορά υπολογιστικής υποδομής, πλατφόρμας και υπηρεσιών λογισμικού πάνω από το διαδίκτυο.
- Σημαντικά οικονομικά πλεονεκτήματα.
- Νέα πρόκληση διαχείρισης petabytes κατά κλιμακούμενο τρόπο.
 - Προβλέπεται η ανάδειξη νέων αρχιτεκτονικών διαχείρισης δεδομένων και αλληλεπίδραση δομημένων και μη δομημένων δεδομένων.
- Μεταβαλλόμενο σύνολο από υπηρεσίες νέφους
 - Υπηρεσίες εφαρμογών (salesforce.com)
 - Υπηρεσίες αποθήκευσης (Amazon storage Service, ή Amazon S3)
 - Υπολογιστικές υπηρεσίες (Google App Engine, Amazon Elastic Compute Cloud, Amazon S2)
 - Υπηρεσίες δεδομένων (Amazon SimpleDB, Microsoft SQL Server Data services, Datastore της Google).
 - ...

Τρέχουσες τάσεις σε ΚΒΔ

- **Ομότιμα συστήματα βάσεων δεδομένων (Peer-to-peer Database System -PDBS)**
 - Ενοποίηση πλεονεκτημάτων της υπολογιστικής ομοτίμων (κλιμάκωση, προσαρμοστικότητα σε επιθέσεις, αυτό-οργάνωση), με τα χαρακτηριστικά της κατανεμημένης διαχείρισης δεδομένων.
 - Οι κόμβοι είναι αυτόνομοι και συνδέονται ατομικά με ένα μικρό πλήθος ομότιμων.
 - Επιτρέπεται σε ένα κόμβο να συμπεριφέρεται σαν συλλογή αρχείων, χωρίς πλήρη λειτουργικότητα των παραδοσιακών ΣΔΒΔ.
 - Απεικονίσεις μεταξύ ζευγών πληροφοριακών πηγών.
 - Στοχεύουν στην αποκέντρωση των διαμοιραζομένων δεδομένων.

Σύνοψη

- Παράλληλες βάσεις δεδομένων
- Κατανεμημένες βάσεις δεδομένων (ΚΒΔ)
- Διαφορετικά είδη συστημάτων και αρχιτεκτονικές παραλλαγές
- Κατατεμαχισμός δεδομένων
- Επεξεργασία Ερωτήσεων και βελτιστοποίηση
- Διάσπαση ερωτήσεων και ενημερώσεων
- Έλεγχος συνδρομικότητας
- Τρέχουσες τάσεις σε ΚΒΔ