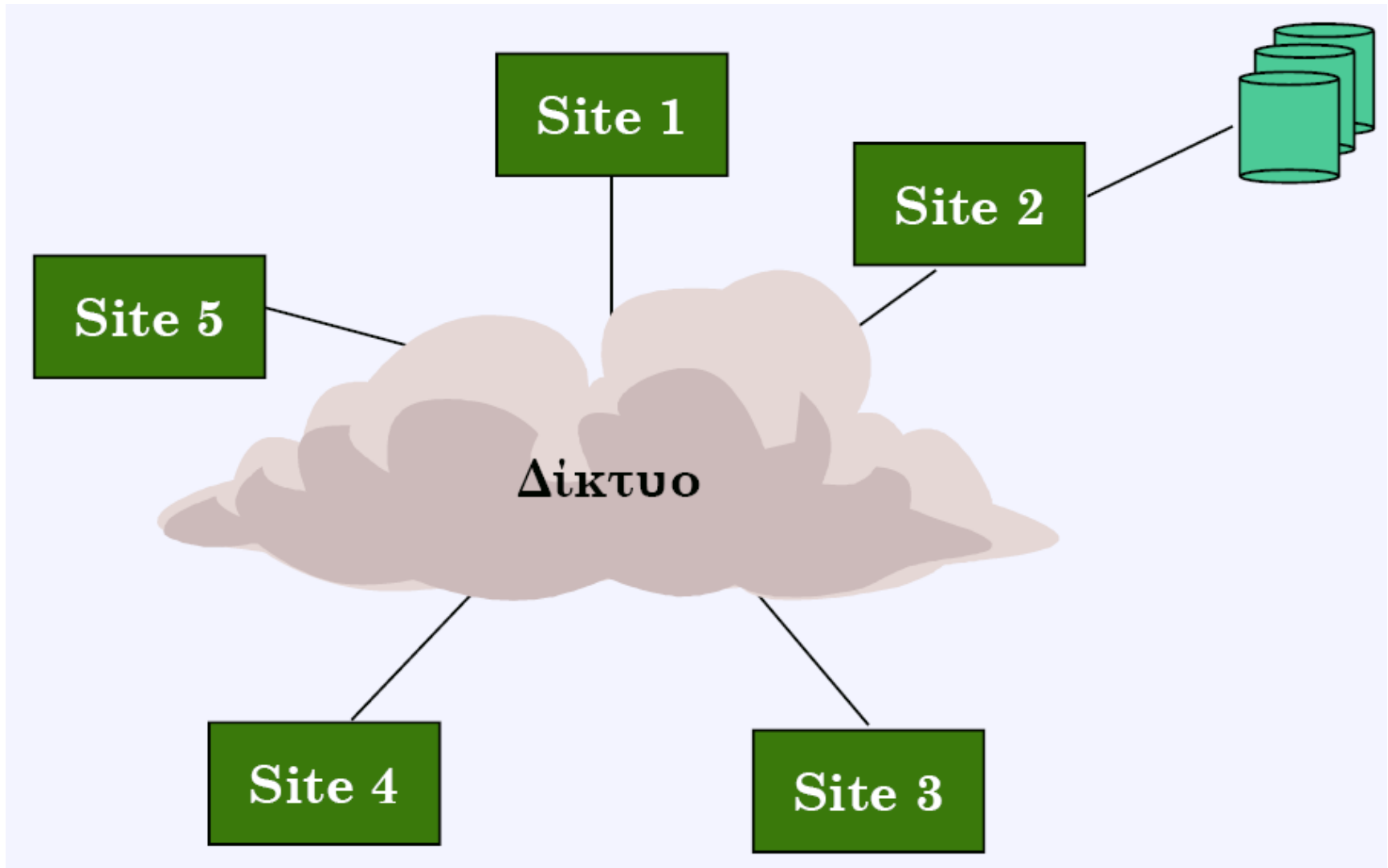


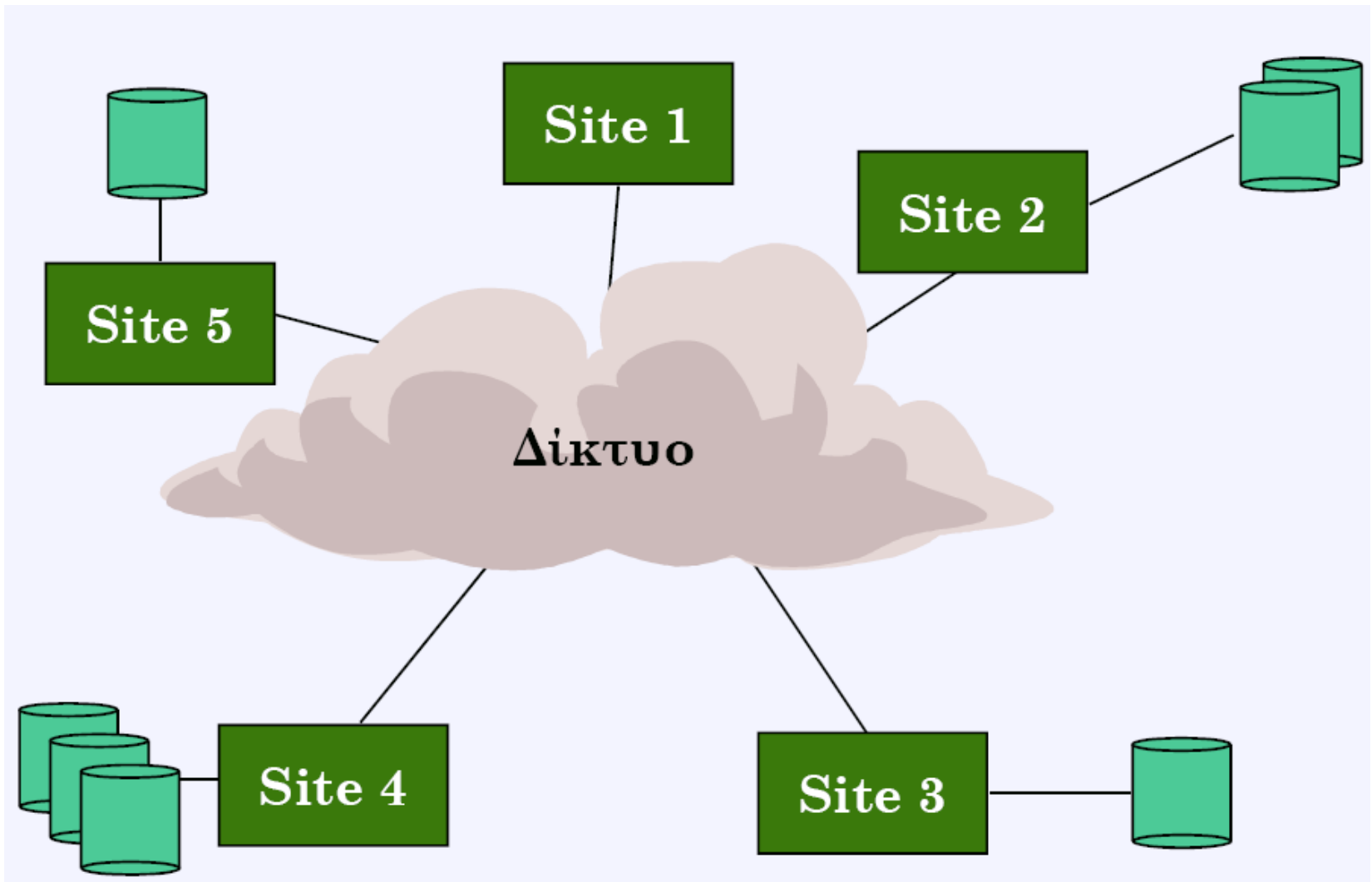


- Έννοιες
- Εισαγωγικά στοιχεία σε θέματα κατανεμημένης
 - Σχεδίασης
 - Επεξεργασίας Ερωτημάτων και Βελτιστοποίησης
 - Διαχείρισης Συναλλαγών

- Δεν υπάρχει κοινά αποδεκτός ορισμός.
- Υποδηλώνει ένα αριθμό από υπολογιστικά στοιχεία τα οποία διασυνδέονται με ένα δίκτυο και συνεργάζονται για την εκτέλεση των εργασιών.
- Τα υπολογιστικά στοιχεία είναι ενδεχομένως αυτόνομα ή/και ετερογενή

- Μία κατανεμημένη ΒΔ (ΚΒΔ) είναι μία συλλογή από **πολλαπλές, λογικά συσχετιζόμενες ΒΔ** που είναι συνδεδεμένες σε ένα δίκτυο.
- Ένα κατανεμημένο ΣΔΒΔ (ΚΣΔΒΔ) είναι το λογισμικό που διαχειρίζεται την ΚΒΔ και παρέχει ένα μηχανισμό πρόσβασης ο οποίος καθιστά την κατανομή διαφανή στους χρήστες.





- Επεξεργασία
 - Τελεστές, μεταφορά δεδομένων, κλπ.
- Λειτουργίες
 - Βελτιστοποίηση, κλπ.
- Δεδομένα
 - Πλειάδες, στήλες, σχέσεις, κλπ.
- Έλεγχος
 - Συναλλαγές, πρόσβαση, κλπ.

- Οι ομοιότητες είναι περισσότερες από τις διαφορές!
 - Ιδίως αν αναφερόμαστε σε παράλληλες αρχιτεκτονικές χωρίς κοινόχρηστους πόρους.
- Οι παράλληλες ΒΔ τυπικά είναι ομογενείς και το κόστος μεταφοράς μηνυμάτων είναι μικρό/αμελητέο συγκριτικά με το κόστος I/O.
 - Στοχεύουν πρωτίστως στην βελτίωση της απόδοσης.
- Οι ΚΒΔ αποτελούνται από πόρους που τυπικά βρίσκονται σε διαφορετικές φυσικές τοποθεσίες, έχουν μεγαλύτερη ετερογένεια και αυτονομία, και η χωρητικότητα του δικτύου είναι πιο περιορισμένη.
 - Στοχεύουν πρωτίστως στον διαμοιρασμό των κατανεμημένων δεδομένων.

- Στην παράλληλη επεξεργασία, τυπικά ελέγχουμε πως μπορούμε να διαμερίσουμε τα δεδομένα ώστε να βελτιώσουμε την απόδοση.
- Στην κατανεμημένη επεξεργασία, τυπικά η κατανομή των δεδομένων είναι καθορισμένη και ζητείται η εύρεση πλάνου εκτέλεσης που ελαχιστοποιεί το κόστος,
 - που συνήθως ορίζεται από το κόστος μεταφοράς δεδομένων.
- Τα στοιχεία της παράλληλης και κατανεμημένης επεξεργασίας μπορούν να συνδυαστούν.
 - Π.χ., επεξεργασία ερωτημάτων στο πλέγμα (grid).

- Διαφανής διαχείριση κατανεμημένων δεδομένων, κατατμημένων δεδομένων (fragmented data) και αντιγράφων (replicas).
 - Η φυσική τοποθέτηση είναι άγνωστη στον χρήστη.
- Βελτιωμένη αξιοπιστία και διαθεσιμότητα μέσω κατανεμημένων συναλλαγών.
- Βελτιωμένη απόδοση.
- Ευκολότερη και πιο οικονομική επέκταση συστήματος.

- Διαφάνεια κατανομής -δικτύου:
 - Οι λειτουργικές λεπτομέρειες του δικτύου δεν είναι ορατές στο χρήστη.
 - Η διαφάνεια τοποθεσίας αναφέρεται στην υποβολή εργασιών με τον ίδιο τρόπο ανεξάρτητα από την τοποθεσία υποβολής.
 - Η διαφάνεια ονόματος αναφέρεται στην προσπέλαση αντικειμένων χρησιμοποιώντας το ίδιο όνομα από οπουδήποτε.
- Διαφάνεια αντιγράφων
- Διαφάνεια κατάτμησης

EMP- EMPLOYEES

ENO	ENAME	TITLE
E1	J. Doe	Elect. Eng.
E2	M. Smith	Syst. Anal.
E3	A. Lee	Mech. Eng.
E4	J. Miller	Programmer
E5	B. Casey	Syst. Anal.
E6	L. Chu	Elect. Eng.
E7	R. Davis	Mech. Eng.
E8	J. Jones	Syst. Anal.

ASG- ASIGNMENTS

ENO	PNO	RESP	DUR
E1	P1	Manager	12
E2	P1	Analyst	24
E2	P2	Analyst	6
E3	P3	Consultant	10
E3	P4	Engineer	48
E4	P2	Programmer	18
E5	P2	Manager	24
E6	P4	Manager	48
E7	P3	Engineer	36
E7	P5	Engineer	23
E8	P3	Manager	40

PROJ - PROJECTS

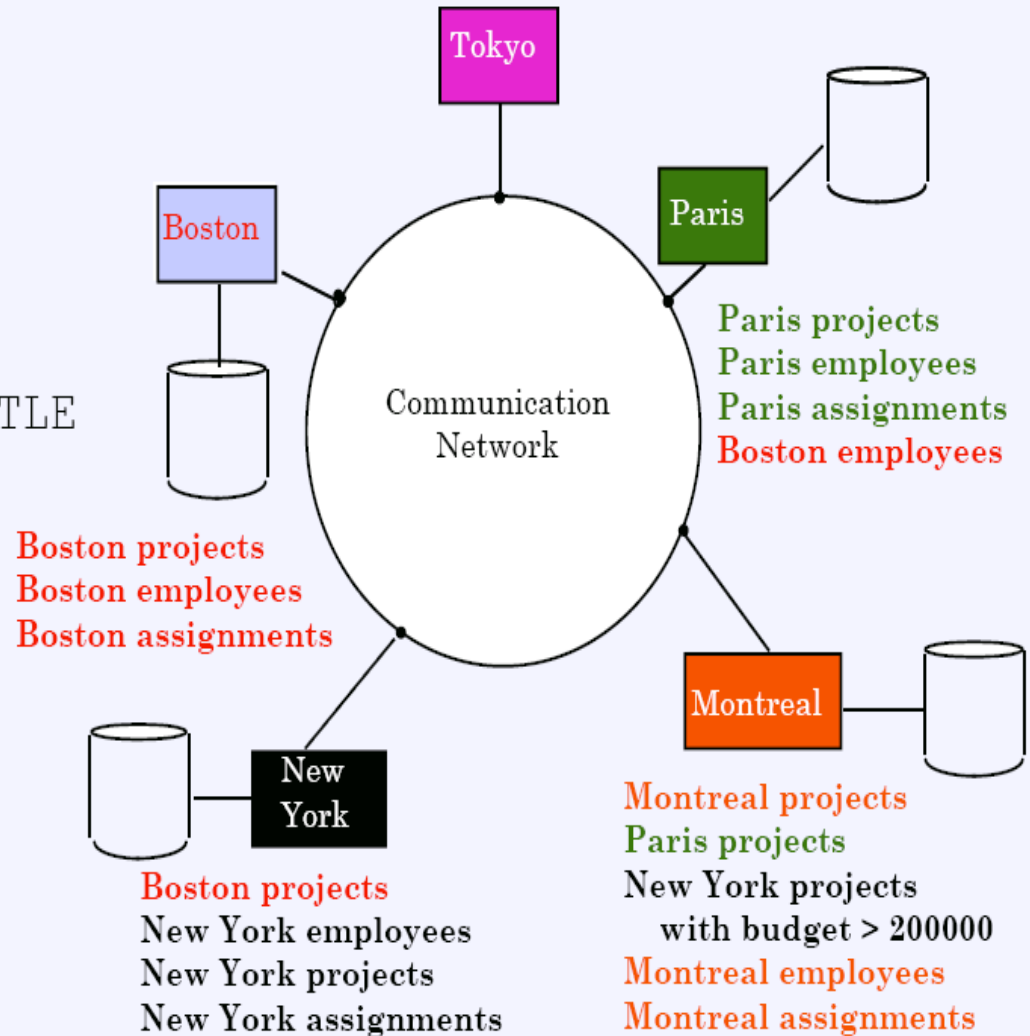
PNO	PNAME	BUDGET
P1	Instrumentation	150000
P2	Database Develop.	135000
P3	CAD/CAM	250000
P4	Maintenance	310000

PAY

TITLE	SAL
Elect. Eng.	40000
Syst. Anal.	34000
Mech. Eng.	27000
Programmer	24000

```

SELECT ENAME, SAL
FROM EMP, ASG, PAY
WHERE DUR > 12
AND EMP.ENO = ASG.ENO
AND PAY.TITLE = EMP.TITLE
    
```



- Τοποθέτηση δεδομένων κοντά στις αντίστοιχες εφαρμογές
 - Προϋποθέτει υποστήριξη για κατάτμηση δεδομένων και δημιουργία αντιγράφων.
- Παράλληλη επεξεργασία
 - Ανάμεσα στα ερωτήματα (Inter-query)
 - Μέσα σε ένα ερώτημα (Intra-query)

- Σχεδιασμός
 - Πως να κατανεμηθούν τα δεδομένα
 - Ύπαρξη ή όχι αντιγράφων (και διαχείρισή τους)
 - Αντίστοιχα προβλήματα και για τα δεδομένα καταλόγων και τα μεταδεδομένα
- Επεξεργασία Ερωτημάτων
 - Πιο δύσκολη βελτιστοποίηση
 - $\min\{\text{cost} = \text{data transmission} + \text{local processing}\}$
 - Ανήκει στην κατηγορία των NP-hard προβλημάτων

Διαχείριση Συναλλαγών

- Έλεγχος Ταυτοχρονισμού
 - Θέματα συγχρονισμού ταυτόχρονων αιτημάτων για προσπέλαση δεδομένων
 - Συνέπεια και απομόνωση στις συναλλαγές
 - Διαχείριση αδιεξόδων
- Αξιοπιστία
 - Ανοχή στις αποτυχίες
 - Ατομικότητα και διάρκεια στις συναλλαγές

- Top-down
 - (συνήθως) όταν το σύστημα πρωτοδημιουργείται
 - (συνήθως) οι κόμβοι είναι ομογενείς
- Bottom-up
 - (συνήθως) όταν ήδη υπάρχουν ΒΔ σε κόμβους

- Γιατί να γίνεται κατάτμηση;
- Πώς να γίνεται η κατατμηση;
- Σε ποιο βαθμό;
- Πώς ελέγχεται η ορθότητα;
- Πώς να γίνεται η τοποθέτηση των δεδομένων σε κόμβους;
- Τι πληροφορία χρειαζόμαστε;

- Γιατί δεν κατανέμονται ολόκληρες σχέσεις;
 - Οι σχέσεις σχεδιάζονται ώστε να υποστηρίξουν πολλές εφαρμογές, σε διαφορετικούς τρόπους με διαφορετικές ανάγκες/ευκαιρίες παραλληλοποίησης.
- Ποια είναι μια λογική μονάδα κατανομής;
 - Σχέση
 - Οι όψεις, που δημιουργούνται λόγω εφαρμογών, είναι συνήθως υποσύνολα σχέσεων.
 - Π.χ., αν ένα μόνο μέρος έχει τη σχέση Employees στο παράδειγμα =>Επιπλέον κόστος επικοινωνίας

- Ποια είναι μια λογική μονάδα κατανομής;
 - Τμήματα (fragments) σχέσεων
 - Ταυτόχρονη εκτέλεση πολλών συναλλαγών που διαχειρίζονται διαφορετικά τμήματα της σχέσης.
 - Οι όψεις όμως που δεν ορίζονται σε ένα μόνο τμήμα απαιτούν επιπλέον επεξεργασία.
 - Ο σημασιολογικός έλεγχος και η τήρηση των περιορισμών ακεραιότητας παρουσιάζουν μεγαλύτερες δυσκολίες.

PROJ₁ : projects με budget < 200,000

PROJ₂ : projects με budgets >= 200,000

PROJ

PNO	PNAME	BUDGET	LOC
P1	Instrumentation	150000	Montreal
P2	Database Develop.	135000	New York
P3	CAD/CAM	250000	New York
P4	Maintenance	310000	Paris
P5	CAD/CAM	500000	Boston

PROJ₁

PNO	PNAME	BUDGET	LOC
P1	Instrumentation	150000	Montreal
P2	Database Develop.	135000	New York

PROJ₂

PNO	PNAME	BUDGET	LOC
P3	CAD/CAM	250000	New York
P4	Maintenance	310000	Paris
P5	CAD/CAM	500000	Boston

PROJ₁: πληροφορίες για τα budgets των projects

PROJ₂: πληροφορίες για τα ονόματα και την τοποθεσία των projects

PROJ

PNO	PNAME	BUDGET	LOC
P1	Instrumentation	150000	Montreal
P2	Database Develop.	135000	New York
P3	CAD/CAM	250000	New York
P4	Maintenance	310000	Paris
P5	CAD/CAM	500000	Boston

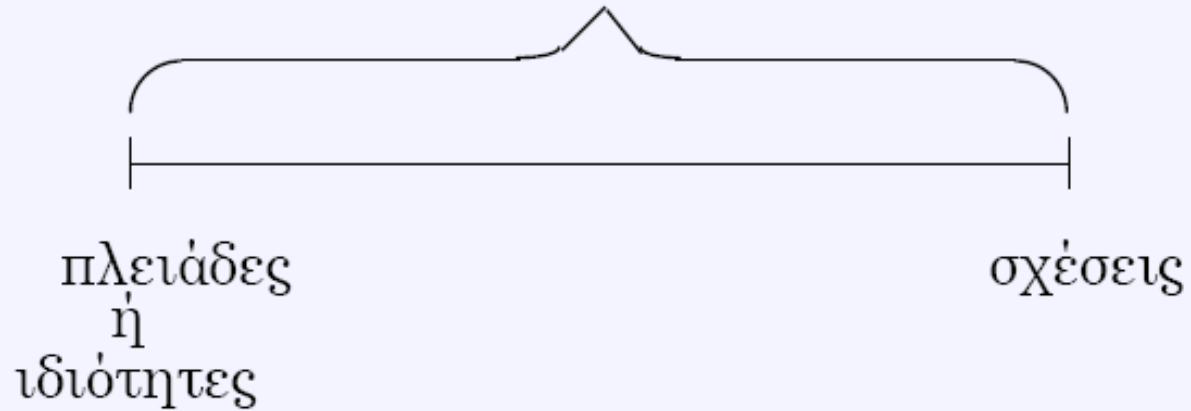
PROJ₁

PNO	BUDGET
P1	150000
P2	135000
P3	250000
P4	310000
P5	500000

PROJ₂

PNO	PNAME	LOC
P1	Instrumentation	Montreal
P2	Database Develop.	New York
P3	CAD/CAM	New York
P4	Maintenance	Paris
P5	CAD/CAM	Boston

Εναλλακτικές λύσεις (μεγάλος, αλλά και πεπερασμένος αριθμός)



- Πληρότητα - Completeness
 - Η κατάτμηση της σχέσης R σε τμήματα R_1, R_2, \dots, R_n είναι πλήρης αν και μόνο αν κάθε κομμάτι δεδομένων μπορεί να βρεθεί σε ένα από τα τμήματα R_i
- Ανασύνθεση-Reconstruction
 - Αν η σχέση R διαχωρίζεται σε τμήματα R_1, R_2, \dots, R_n , τότε υπάρχει ένας σχεσιακός τελεστής ∇ ώστε $R = \nabla_{1 \leq i \leq n} R_i$
- Διαχωρισιμότητα-Disjointness
 - Αν η σχέση R διαχωρίζεται σε τμήματα R_1, R_2, \dots, R_n , και τα δεδομένα d_i είναι στο R_j , τότε τα d_i δεν πρέπει να βρίσκονται σε κανένα άλλο τμήμα R_k ($k \neq j$).
 - Εξαιρείται το κύριο κλειδί στην κάθετη κατάτμηση.

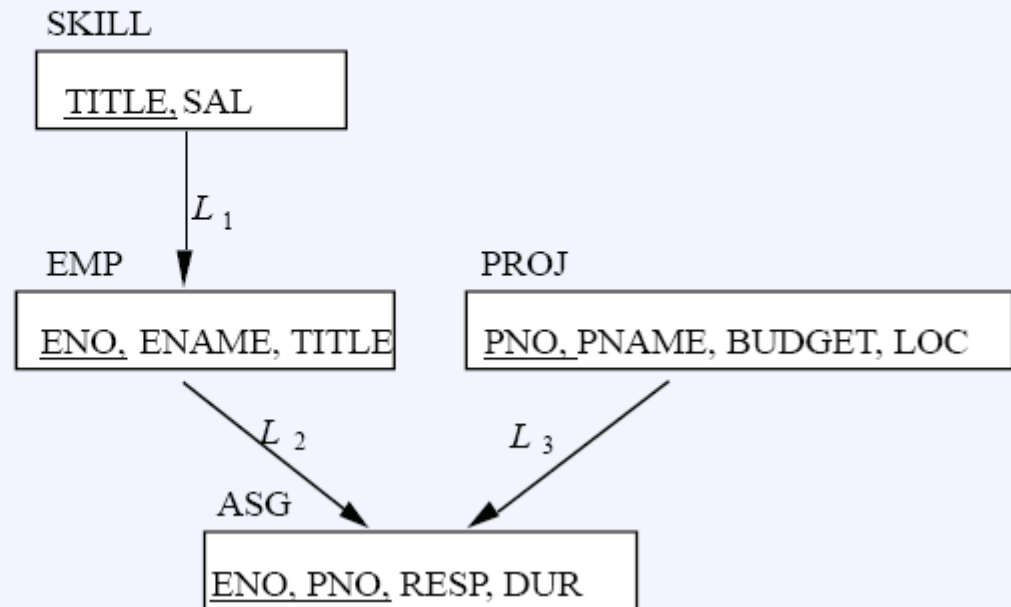
- Χωρίς αντίγραφα
 - Κάθε τμήμα σχέσης είναι σε ένα μοναδικό μέρος.
- Με αντίγραφα
 - Πλήρης αντιγραφή (full replication) : Κάθε τμήμα σχέσης είναι παντού.
 - Μερική αντιγραφή (partial replication) : Ένα τμήμα σχέσης είναι σε κάποια μέρη παντού.
- Ευριστικός κανόνας:

$$\text{Αν } \frac{\text{read - only queries}}{\text{update queries}} \geq 1$$

τότε συμφέρει η αντιγραφή,
αλλιώς χρειάζεται προσοχή και μελέτη για να μην υπάρχουν προβλήματα απόδοσης.

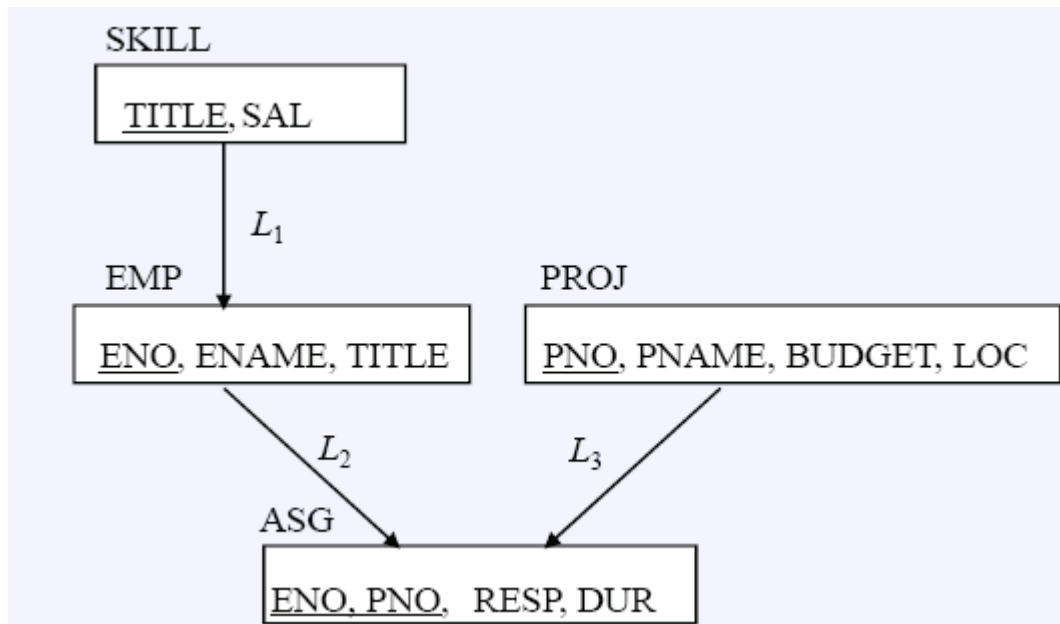
- Οριζόντια (Horizontal Fragmentation HF)
 - Κύρια Οριζόντια (Primary Horizontal Fragmentation PHF)
 - Παραγόμενη Οριζόντια (Derived Horizontal DHF)
- Κάθετη (Vertical Fragmentation VF)
- Μεικτή (Hybrid)

- Χρειάζονται πληροφορίες για το σχήμα
 - Και τις συσχετίσεις



Οι σχέσεις κυρίου-ξένου κλειδιού σημειώνονται με συνδέσεις.
Η Κ.Ο.Κ. εφαρμόζεται σε σχέσεις με το πρωτεύον κλειδί,
βάσει των αναγκών των εφαρμογών.

- Ορίζεται στις σχέσεις με ξένο κλειδί, σύμφωνα με την κύρια οριζόντια κατάτμηση της σχέσης που περιέχει το πρωτεύον κλειδί.
 - Π.χ., αν η SKILL σχέση κατατμηθεί σε δύο μέρη, με $SAL > 30000$ και $SAL \leq 30000$,
 - τότε και η EMP θα κατατμηθεί σε δύο μέρη, βάσει των τιμών του TITLE που αντιστοιχεί στα συγκεκριμένα πεδία τιμών του SAL.



$SKILL_1 = \sigma_{SAL \leq 30000}(SKILL)$

$SKILL_2 = \sigma_{SAL > 30000}(SKILL)$

$EMP_1 = EMP \bowtie SKILL_1$

$EMP_2 = EMP \bowtie SKILL_2$

EMP₁

ENO	ENAME	TITLE
E3	A. Lee	Mech. Eng.
E4	J. Miller	Programmer
E7	R. Davis	Mech. Eng.

EMP₂

ENO	ENAME	TITLE
E1	J. Doe	Elect. Eng.
E2	M. Smith	Syst. Anal.
E5	B. Casey	Syst. Anal.
E6	L. Chu	Elect. Eng.
E8	J. Jones	Syst. Anal.

Το σύμβολο \bowtie υποδηλώνει την ημι-σύνδεση (semi-join).

Ο τελεστής της ημι-σύνδεσης συναντάται μόνο σε κατανομημένα συστήματα.

$R \bowtie S = \pi_A(R \bowtie S)$, όπου A είναι η λίστα με όλα τα χαρακτηριστικά της R.

- Είναι πιο δύσκολη από την οριζόντια, επειδή υπάρχουν περισσότερες εναλλακτικές λύσεις.
- Δύο προσεγγίσεις:
 - Ομαδοποίηση: αρχίζουμε με κάθε στήλη να είναι διαφορετικό τμήμα και επιλέγουμε ποια τμήματα συγχωνεύονται.
 - Μπορεί να επιτραπεί και αλληλεπικάλυψη.
 - Διαχωρισμός: αρχίζουμε με ένα τμήμα ανά σχέση και επιλέγουμε ποιες ομάδες χαρακτηριστικών μπορούν να διαχωριστούν.

- Στα κεντροποιημένα ΣΔΒΔ είναι πιο εύκολο να επιλεχθεί ένα καλό ή ακόμη και βέλτιστο πλάνο.
- Π.χ.

```
SELECT    ENAME
FROM      EMP, ASG
WHERE     EMP.ENO = ASG.ENO
AND      DUR > 37
```

Λύση 1: $\Pi_{ENAME}(\sigma_{DUR>37 \wedge EMP.ENO=ASG.ENO}(EMP \times ASG))$

Λύση 2: $\Pi_{ENAME}(EMP \bowtie_{ENO}(\sigma_{DUR>37}(ASG)))$

Η Λύση 2 αποφεύγει το καρτεσιανό γινόμενο και άρα υπερέχει.

- Πρέπει να αποφασισθεί και που θα εκτελεστεί κάθε πράξη.
- Μεγαλύτερη πολυπλοκότητα

Site 1

Site 2

Site 3

Site 4

Site 5

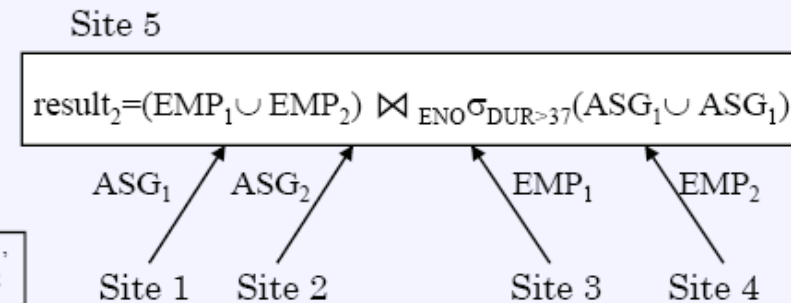
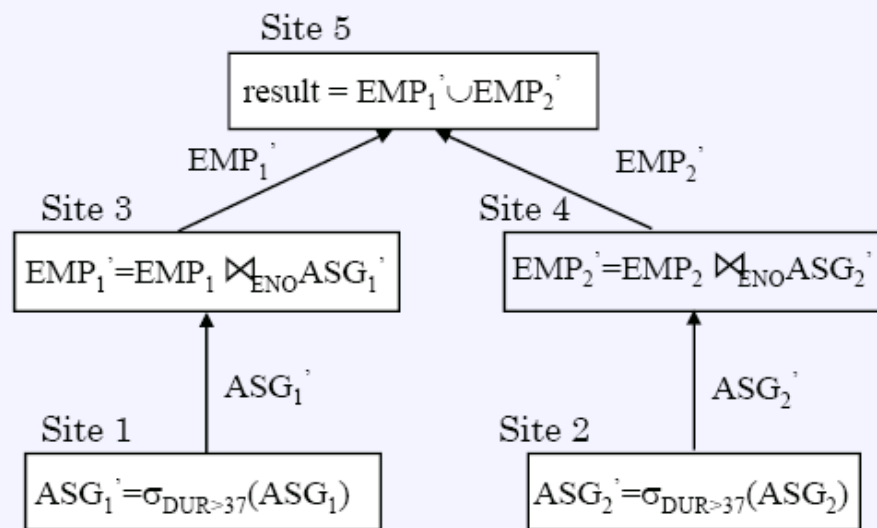
$$ASG_1 = \sigma_{ENO \leq "E3"}(ASG)$$

$$ASG_2 = \sigma_{ENO > "E3"}(ASG)$$

$$EMP_1 = \sigma_{ENO \leq "E3"}(EMP)$$

$$EMP_2 = \sigma_{ENO > "E3"}(EMP)$$

Result



• Υποθέσεις:

- $size(EMP) = 400$, $size(ASG) = 1000$. Υπάρχουν ευρετήρια πάνω στα πεδία ENO, DUR και συνολικά 20 πλειάδες ικανοποιούν τη συνθήκη.
- Κόστος προσπέλασης 1 πλειάδας = 1 unit, Κόστος μεταφοράς 1πλειάδας = 10 units

• Λύση 1

□ παραγωγή ASG': $(10+10)*\text{tuple access cost}$	20
□ Μεταφορά του ASG' στους κόμβους του EMP: $(10+10)*\text{tuple transfer cost}$	200
□ παραγωγή EMP': $(10+10) * \text{tuple access cost} * 2$	40
□ μεταφορά EMP' στο τελικό μέρος: $(10+10) * \text{tuple transfer cost}$	<u>200</u>
Σύνολο	460

• Λύση 2

□ Μεταφερά του EMP στον κόμβο 5: $400 * \text{tuple transfer cost}$	4,000
□ Μεταφορά του ASG στον κόμβο 5 : $1000 * \text{tuple transfer cost}$	10,000
□ Παραγωγή του ASG': $1000 * \text{tuple access cost}$	1,000
□ Ένωση του EMP και ASG': $400 * 20 * \text{tuple access cost}$	<u>8,000</u>
Σύνολο	23,000

Παράδειγμα στην κατανομημένη επεξεργασία ερωτημάτων

EMP	Fname	Minit	Lname	<u>SSN</u>	Bdate	Address	Sex	Salary	Superssn	Dno
-----	-------	-------	-------	------------	-------	---------	-----	--------	----------	-----

DEPT	Dname	Dnumber	Mgrssn	Mgrstartdate
------	-------	---------	--------	--------------

- EMP: κόμβος 1, 10000 πλειάδες των 100 bytes.
- DEPT: κόμβος 2, 100 πλειάδες των 35 bytes.

Ερωτήματα:

- Για κάθε εργαζόμενο βρες το όνομα και το τμήμα που εργάζεται.
- Q: $\Pi_{Fname, Lname, Dname} (Emp \bowtie_{Dno = Dnumber} Dept)$
- Τα ερωτήματα υποβάλλονται στον κόμβο 3 κι εκεί θέλουμε τα αποτελέσματα, που είναι 10000 πλειάδες των 40 bytes.

- Λύσεις (χωρίς ημισυνδέσεις και παραλληλισμό):
 1. Μεταφορά της Emp και Dept στον κόμβο 3.
 - Όγκος δεδομένων που μεταφέρονται = $1,000,000 + 3500 = 1,003,500$ bytes.
 2. Μεταφορά του Emp στον κόμβο 2, σύνδεση εκεί και αποστολή αποτελεσμάτων στον κόμβο 3.
 - Όγκος δεδομένων που μεταφέρονται = $400,000 + 1,000,000 = 1,400,000$ bytes.
 3. Μεταφορά του Dept στον κόμβο 1, σύνδεση εκεί αποστολή αποτελεσμάτων στον κόμβο 3.
 - Όγκος δεδομένων που μεταφέρονται = $400,000 + 3500 = 403,500$ bytes.
- Αν το κριτήριο βελτιστοποίησης είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς, τότε προτιμάται η Λύση 3.

- Το 2-phase-locking πρωτόκολλο εφαρμόζεται και στα ΚΣΔΒΔ με κατάλληλες επεκτάσεις.
 - 1 μόνο τοποθεσία διαχειρίζεται τα κλειδώματα.
 - Η τοποθεσία του πρωτεύοντος αντιγράφου διαχειρίζεται τα κλειδώματα.
 - Διαχειριστές κλειδωμάτων παντού.
- Για την επικύρωση των συναλλαγών (commit) χρειάζονται πιο προηγμένες τεχνικές όπως τα 2PC και 3PC.