



Enabling Grids for E-science

Εισαγωγή στις Τεχνολογίες Πλέγματος *Introduction to Grid Technologies*

Αθανασία Ασίκη

aassiki@cslab.ece.ntua.gr

**Computing Systems Laboratory,
National Technical University of Athens**

www.eu-egee.org



Information Society
and Media

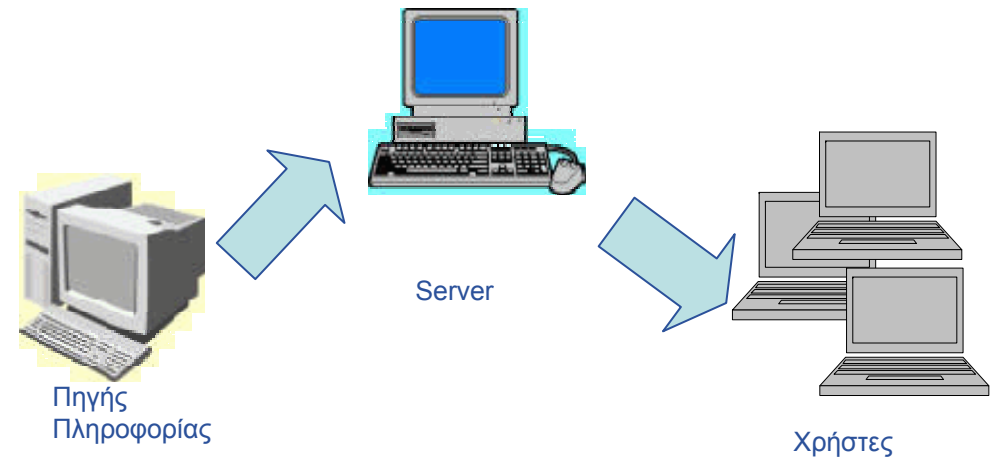




1. Τι είναι το Grid ?
2. Ιστορική αναδρομή
3. Κατηγορίες Grid συστημάτων
4. Βασικές αρχές του Grid
5. Δυνατότητες του Grid
6. Χρήστες του Grid
7. Αρχιτεκτονική του Grid

1. Τι είναι το Grid ?
2. Ιστορική αναδρομή
3. Κατηγορίες Grid συστημάτων
4. Βασικές αρχές του Grid
5. Δυνατότητες του Grid
6. Χρήστες του Grid
7. Αρχιτεκτονική του Grid

- Το *World Wide Web* παρέχει πρόσβαση σε πληροφορίες αποθηκευμένες σε εκατομμύρια διαφορετικές τοποθεσίες ανά τον κόσμο.



- Κατ' αναλογία το *Grid* είναι μία αναπτυσσόμενη υποδομή που παρέχει πρόσβαση σε υπολογιστική ισχύ και αποθηκευτικό χώρο καταναμημένα σε όλον τον κόσμο.



- Συλλογή γεωγραφικά κατανεμημένων ετερογενών υπολογιστικών πόρων

“Most generalized, globalized form of distributed computing”

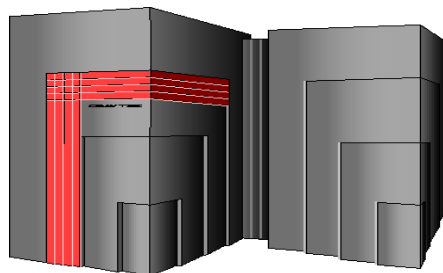
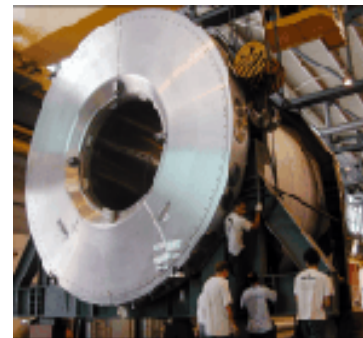
- “An infrastructure that enables flexible, secure, coordinated resource sharing among dynamic collections of individuals, institutions and resources”

Ian Foster and Carl Kesselman

- Προσφέρει πρόσβαση σε ένα ενιαίο ισχυρό εικονικό υπολογιστή
- Υποβολή από τους χρήστες μεγάλου πλήθους εργασιών χωρίς να ενδιαφέρονται που θα εκτελεστούν

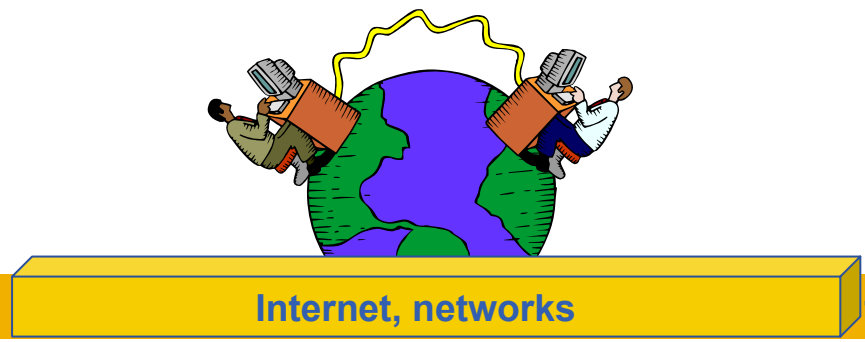
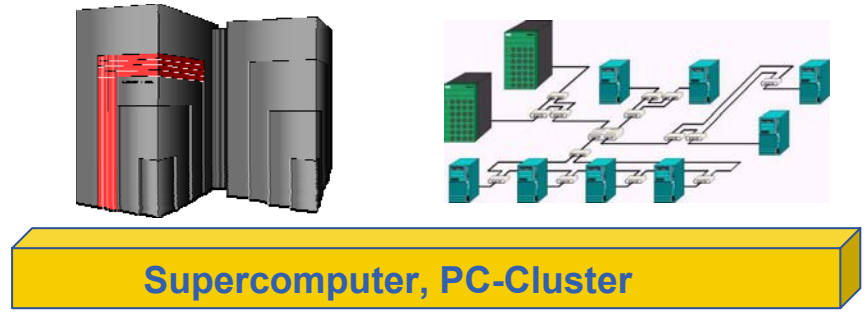
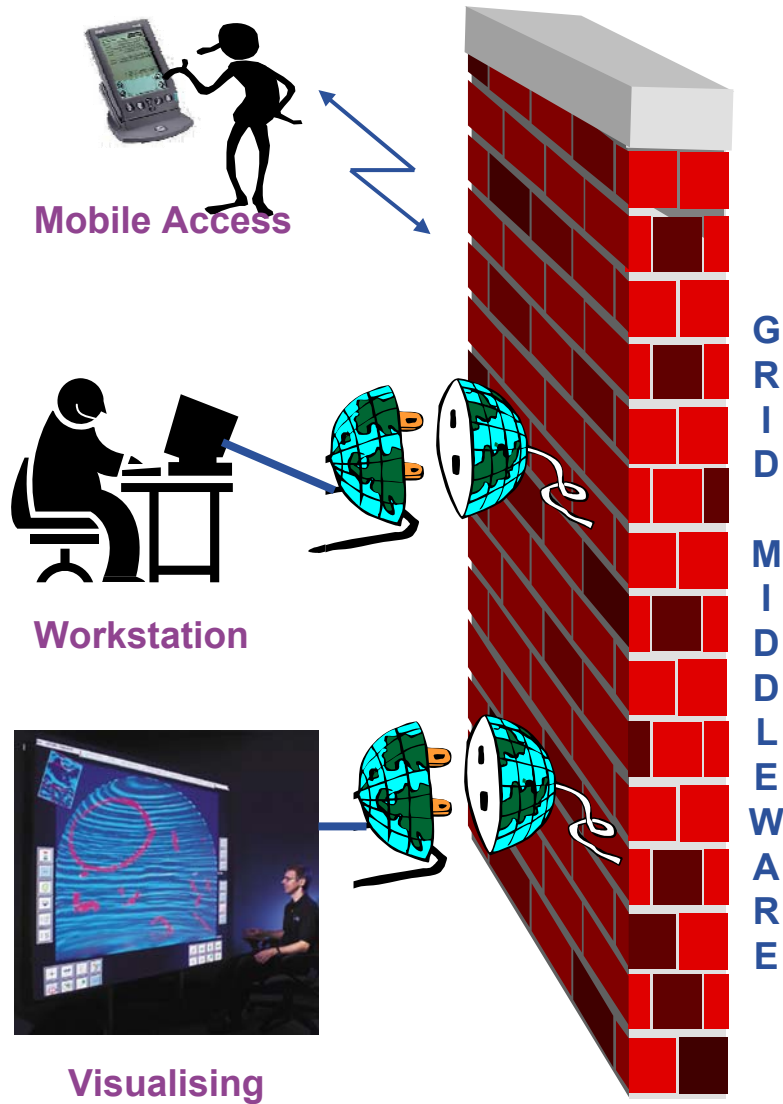
- Μία οντότητα που πρόκειται να μοιραστεί

π.χ. Μονάδες Επεξεργασίας
Αποθηκευτικές Μονάδες
Λογισμικό



1. Τι είναι το Grid ?
2. Ιστορική αναδρομή
3. Βασικές αρχές του Grid
4. Κατηγορίες Grid συστημάτων
5. Δυνατότητες του Grid
6. Χρήστες του Grid
7. Αρχιτεκτονική του Grid

Grid ηλεκτρικής ενέργειας	To Grid
<p>Χρησιμοποιείς την ηλεκτρική ενέργεια χωρίς να σε ενδιαφέρει πού και με ποιον τρόπο παράγεται. Είναι διαθέσιμη, προσιτή και αξιόπιστη.</p>	<p>Έχεις πρόσβαση σε υπολογιστική ισχύ και αποθηκευτικό χώρο που βρίσκονται σε όλον τον κόσμο</p>
<p>Τεράστια υποδομή που περιλαμβάνει ετερογενή συστήματα (σπίτια, σταθμούς παραγωγής, σταθμούς μεταφοράς, καλώδια).</p>	<p>Τεράστια υποδομή που περιλαμβάνει ετερογενή υπολογιστικά συστήματα και υπηρεσίες (επεξεργαστές, αποθηκευτικός χώρος, αισθητήρες).</p>
<p>Μπορείς να χρησιμοποιήσεις ηλεκτρικές συσκευές παντού, απλά βάζοντας αυτές στην πρίζα.</p>	<p>Θα μπορείς να έχεις πρόσβαση σε απομακρυσμένους υπολογιστικούς πόρους μέσω οποιασδήποτε πλατφόρμας, απλά χρησιμοποιώντας το Web.</p>
<p>Ζητάς ηλεκτρικό ρεύμα και σου δίνεται. Μοναδική δέσμευση ότι θα πρέπει να πληρώσεις το λογαριασμό.</p>	<p>Ζητάς υπολογιστικούς πόρους και πρόσβαση σε δεδομένα και σου δίνονται. Προς το παρόν είναι “δωρεάν”!</p>

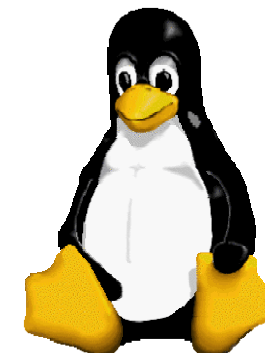


1990 : World Wide Web (CERN)



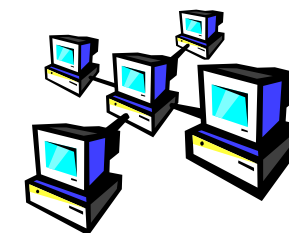
1991: Το λειτουργικό σύστημα
Linux (University of Helsinki)

✓ λειτουργικό σύστημα ανοικτού κώδικα



1994: Συστοιχίες υπολογιστών
(cluster) (NASA)

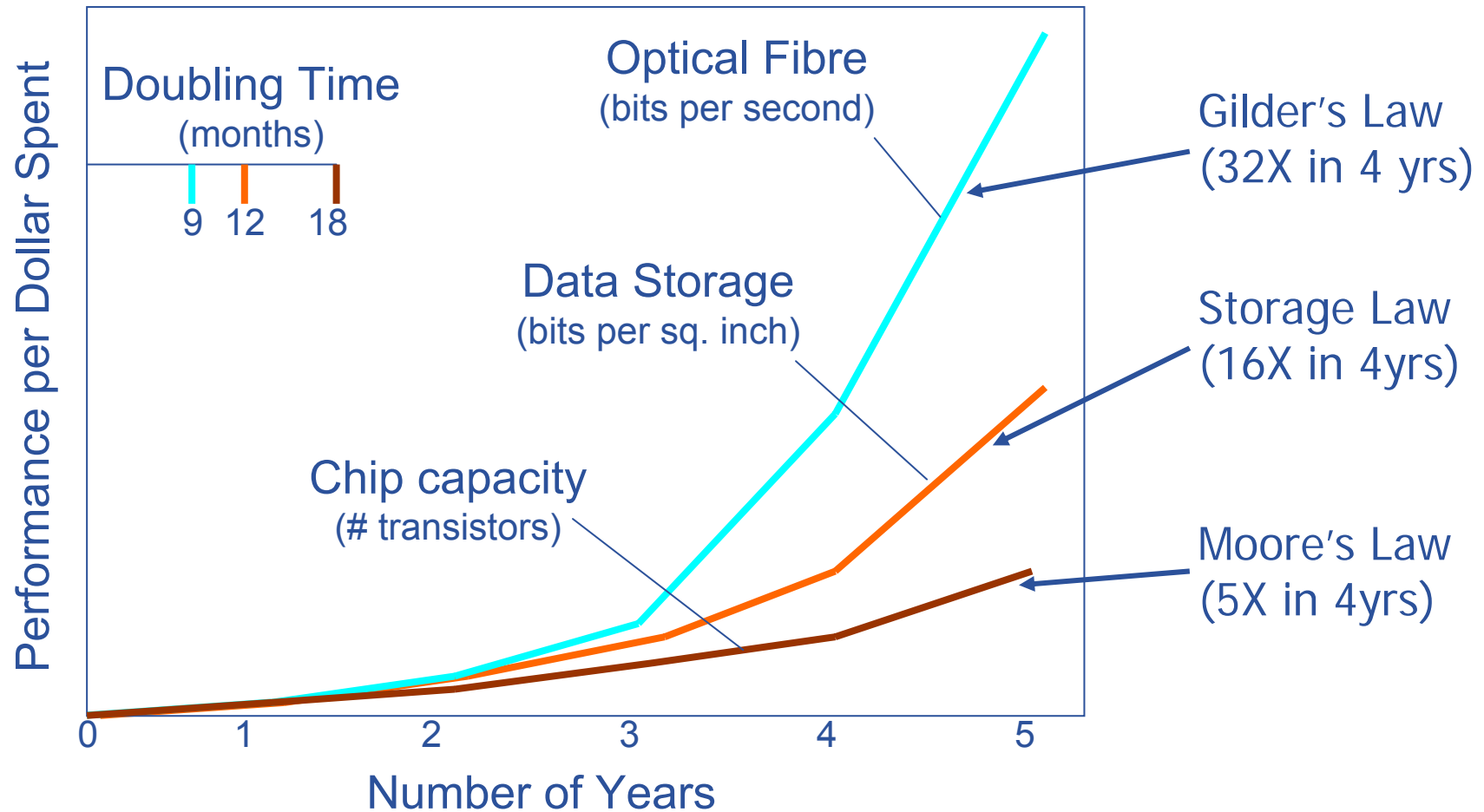
✓ χρήση καρτών Ethernet για διασύνδεση υπολογιστών με υψηλή ταχύτητα



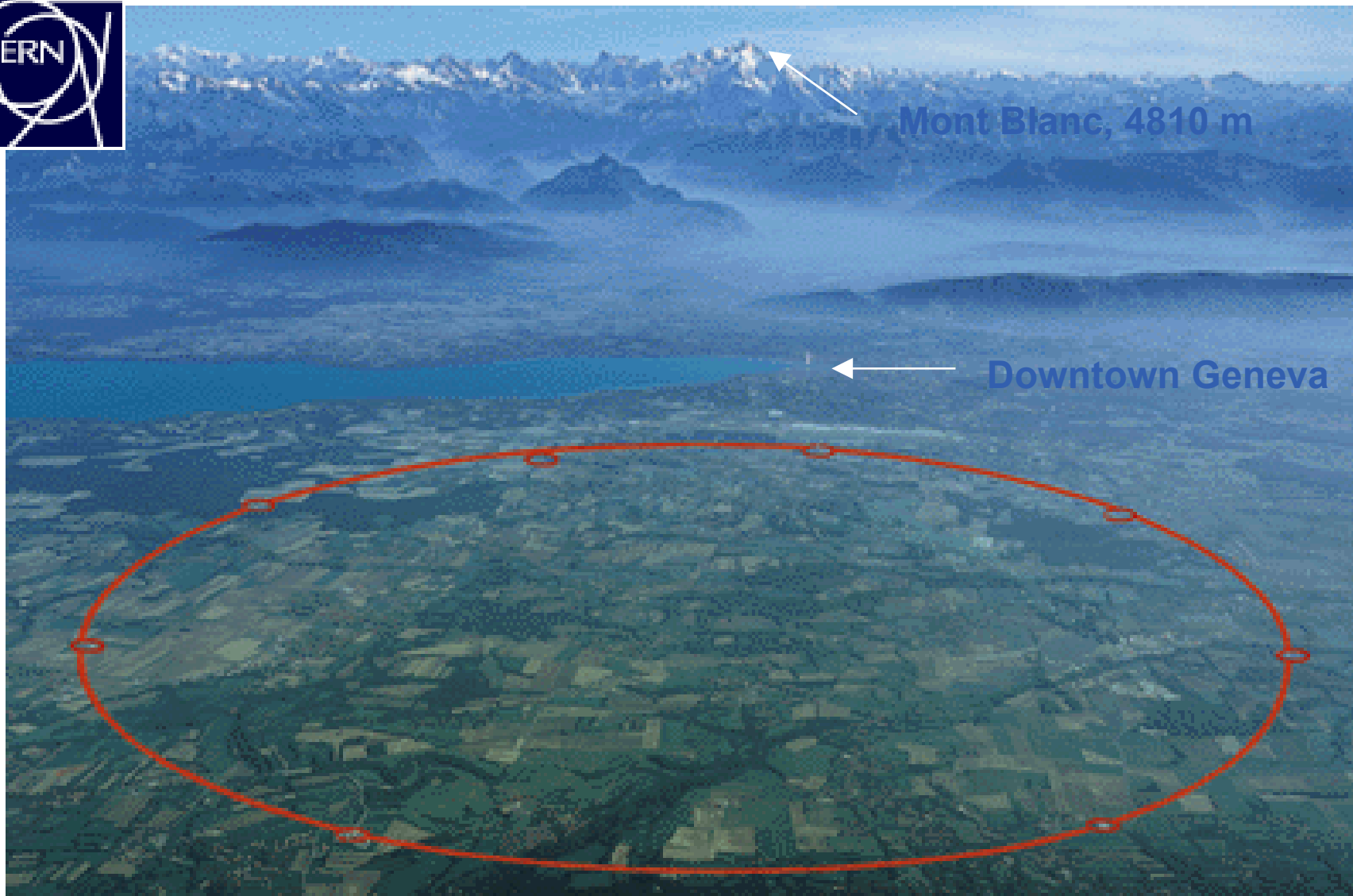
⇒ Το Grid αποτελείται από διασυνδεδεμένα cluster μέσω του Internet και στηρίζεται στο λειτουργικό σύστημα Linux

- **Επιστήμη που έγινε δυνατή με το διαμοιρασμό πόρων (δεδομένων, επιστημονικών οργάνων, υπολογιστικών πόρων, εξειδικευμένων ατόμων) μέσω του Internet**
 - ✓ Εφαρμογές που απαιτούν υπολογιστική ισχύ
 - ✓ Εφαρμογές που διαχειρίζονται πολλά δεδομένα (είτε παράγουν σαν αποτέλεσμα μεγάλο όγκο δεδομένων εξόδου είτε απαιτούν πρόσβαση σε συλλογές δεδομένων)
 - ✓ Καταργούνται τα όρια μεταξύ οργανισμών και διαχειριστικών τομέων

- **Αύξηση της ταχύτητας των δικτύων υπολογιστών και εύκολη πρόσβαση σε αυτά**
 - ✓ οπτικές ίνες
 - ✓ ασύρματες ζεύξεις
 - ✓ νέες τεχνικές που χρησιμοποιούνται στο Διαδίκτυο (ADSL, WiMax)
- **Ο νόμος του Moore είναι παντού ...**
 - ✓ Ραγδαία ανάπτυξη των υπολογιστικών μονάδων, των οργάνων, των αισθητήρων
 - ⇒ Πρόκληση να συνδυαστούν για το καλύτερο αποτέλεσμα!
- **Οι εργασίες που εκτελούνται σε υπολογιστικά συστήματα απαιτούν μεγάλο αριθμό υπολογισμών και την επικοινωνία μεταξύ των ατόμων που τις εκτελούν**



Triumph of Light – *Scientific American*. George Stix, January 2001



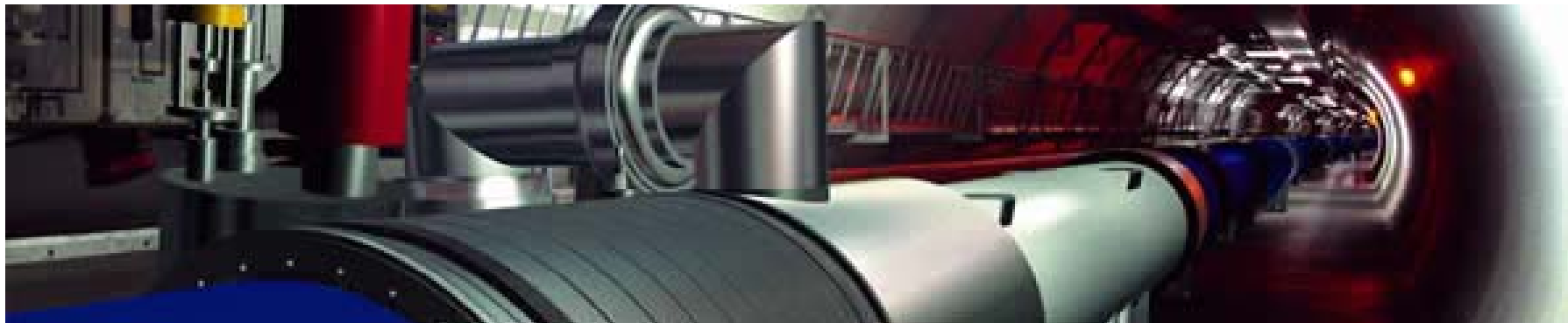
- Το LHC θα φέρει σε σύγκρουση δύο ακτίνες πρωτονίων ενέργειας 14TeV
- Εάν το Higgs μποζόνιο υπάρχει, τότε σίγουρα το LHC θα το βρει!
- Διεξαγωγή 4 πειραμάτων με ανιχνευτές

ALICE

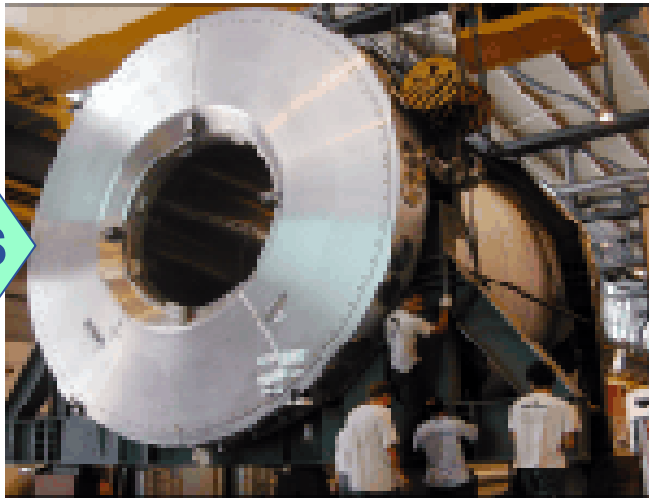
ATLAS

CMS

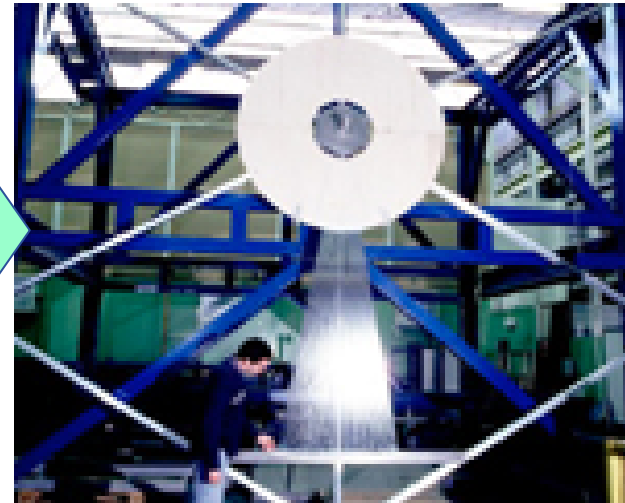
LHCB



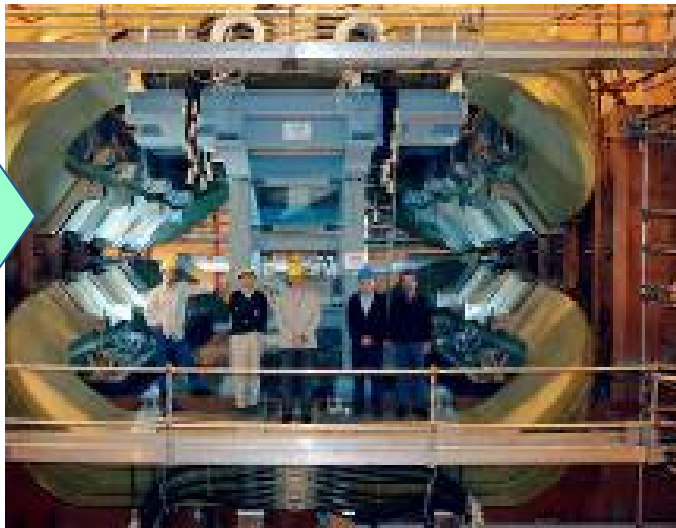
ATLAS



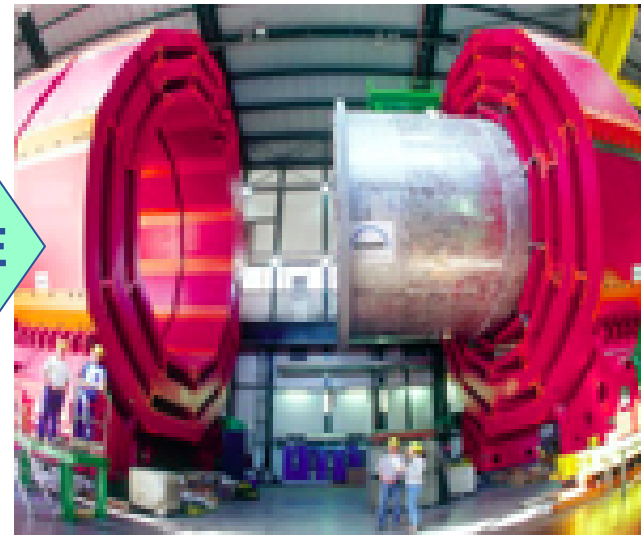
CMS



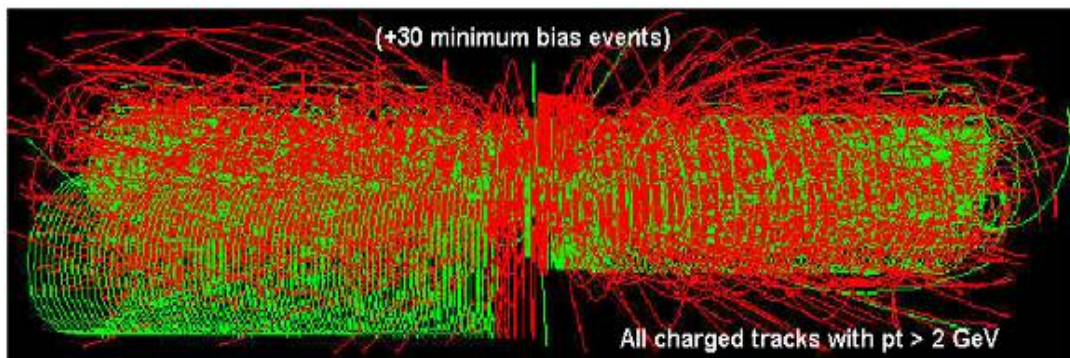
LHCb



ALICE

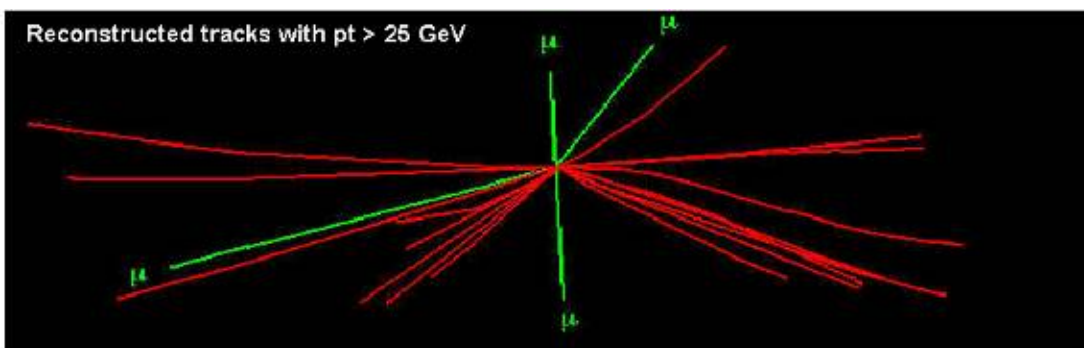


Ξεκινώντας από αυτό το γεγονός ...



- ✓ Καταγραφή γεγονότων
- ✓ Αποθήκευση γεγονότων
- ✓ Επεξεργασία γεγονότων

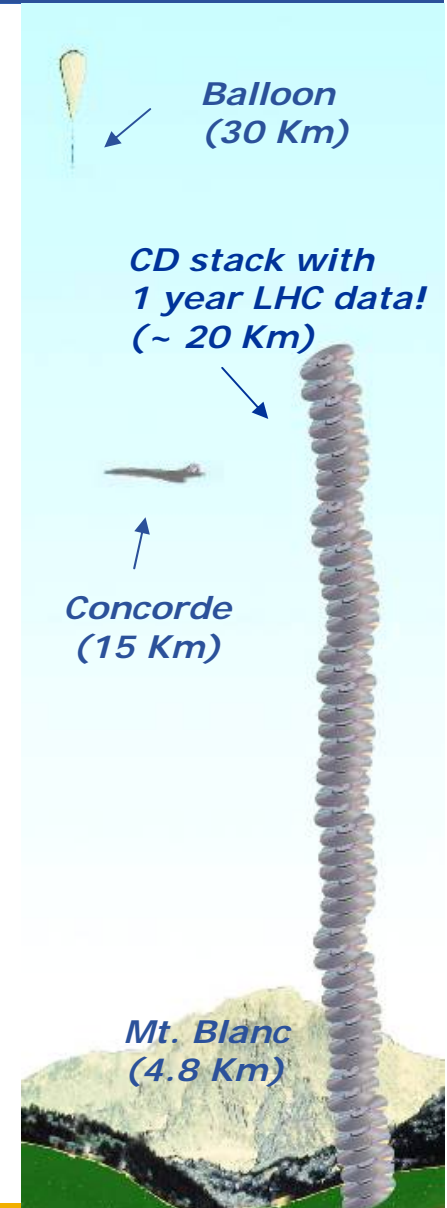
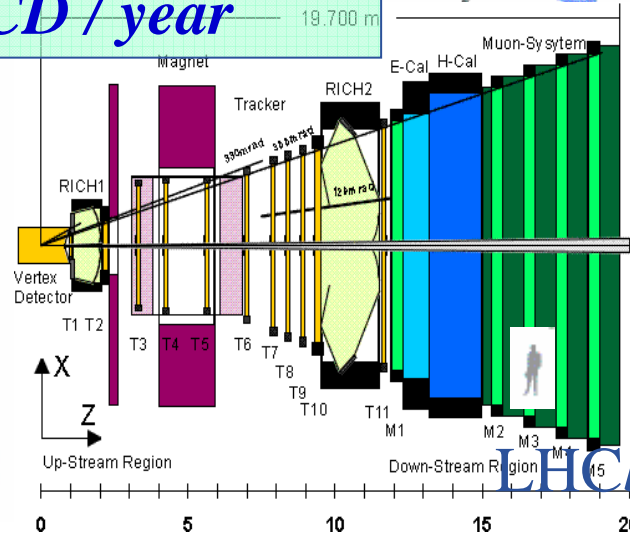
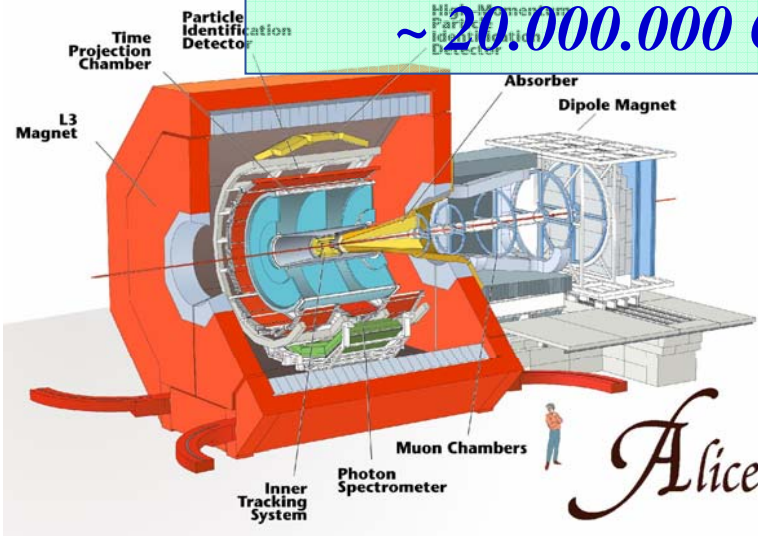
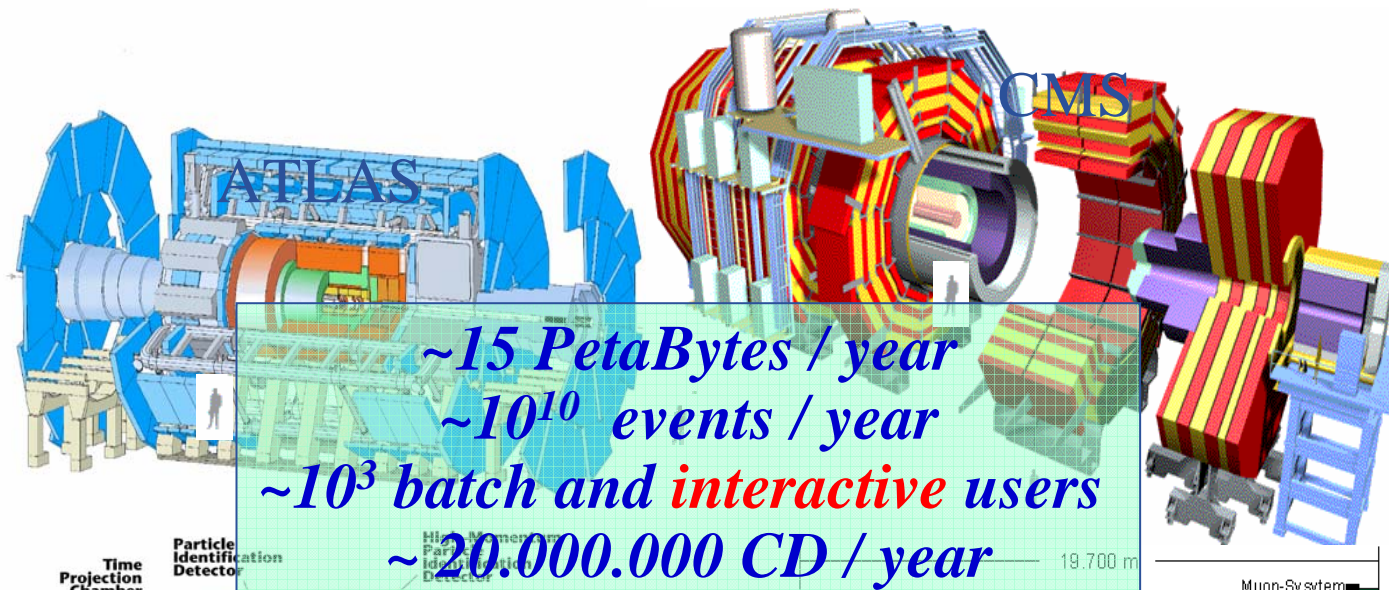
Αναζήτηση αυτού του αποτυπώματος ...



Επιλεκτικότητα: 1 in 10^{13}

Σαν να αναζητούμε ένα άτομο σε χιλιάδες άτομα ανά τον κόσμο!

Η μία βελόνα σε 20 εκατομμύρια άχυρα!



- Απεριόριστη υπολογιστική ισχύ
- Απεριόριστο αποθηκευτικό χώρο
- Αξιόπιστη πρόσβαση σε κοινούς πόρους, δεδομένα, εφαρμογές και αποτελέσματα που προέρχονται από την επεξεργασία των δεδομένων
- Δυνατότητα να συνεργάζονται με συναδέλφους απλά, αποτελεσματικά

- *“Computer – centric”* προβλήματα
 - ✓ Ανάγκη υπολογιστικής ισχύος
 - ⇒ το Grid συνδυάζει μεγάλης κλίμακας υπολογιστικούς πόρους

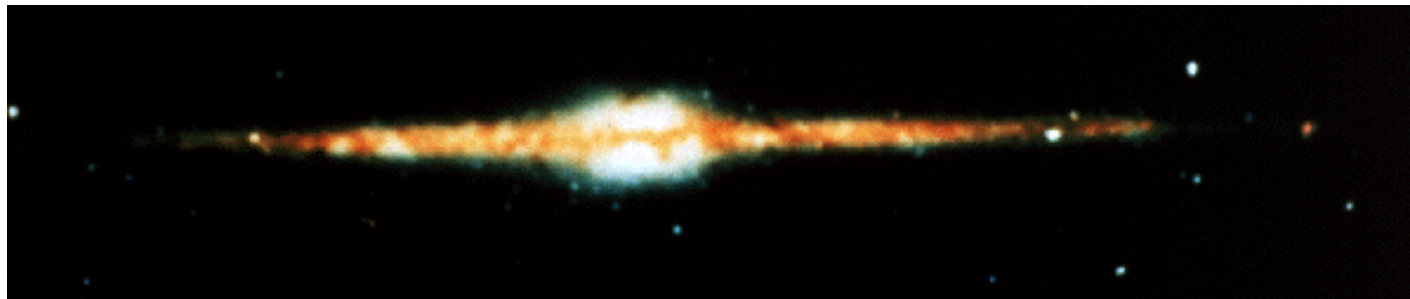
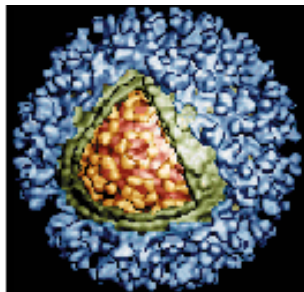
- *“Data-centric”* προβλήματα (*“Data-intensive”* προβλήματα)
 - ✓ Τεράστια ποσά δεδομένων
 - ⇒ Το Grid αποτελεί μία συλλογή από γεωγραφικά κατανεμημένα repositories, βάσεις δεδομένων και ψηφιακές βιβλιοθήκες
 - συγκεντρώνει δεδομένα
 - αποθηκεύει δεδομένα
 - αναλύει δεδομένα

- Χωρισμός του προβλήματος σε πολλά διαφορετικά tasks ανεξάρτητα μεταξύ τους
- ⇒ Προγραμματισμός των tasks για εκτέλεση στο Grid σε ανενεργούς υπολογιστικούς πόρους

✓ @home εφαρμογές



- **Supercomputing**
- **“Computer – centric” προβλήματα**
- **Επιστημονικές εφαρμογές**
 - Αστροφυσική
 - Αεροδιαστημική βιομηχανία
 - Αυτοκινητοβιομηχανία
 - Οικονομικά μοντέλα
 - Μετεωρολογικά μοντέλα
 - Κατανεμημένες Εξομοιώσεις



- *“Community-centric” problems (collaborative εφαρμογές)*
 - ✓ Αλληλεπίδραση άνθρωπου προς άνθρωπο
 - ✓ Συνεργασία μεταξύ ατόμων ή κοινωνικών ομάδων
 - ✓ “Virtual shared space”
 - ⇒ κοινή χρήση αρχείων δεδομένων, εξομοιώσεων
 - ✓ Απαιτήσεις Πραγματικού Χρόνου

1. Τι είναι το Grid ?
2. Ιστορική αναδρομή
3. Κατηγορίες Grid συστημάτων
4. Βασικές αρχές του Grid
5. Δυνατότητες του Grid
6. Χρήστες του Grid
7. Αρχιτεκτονική του Grid

- *Υπολογιστικά Grids (Computational Grids)*
 - ⇒ Συλλογή κατακεκομημένων υπολογιστικών υποδομών οι οποίες λειτουργούν ως ενιαίος επεξεργαστής
 - ⇒ Πραγματοποίηση επεξεργασίας δεδομένων με μεγάλες υπολογιστικές απαιτήσεις
 - ✓ ταχύτερα
 - ✓ αποτελεσματικότερα
 - ✓ με μικρό κόστος
 - ✓ χρησιμοποιώντας υπάρχουσες υποδομές
 - ⇒ Εφαρμογές:
 - ✓ Επιστημονικός χώρος
 - ✓ Έρευνα
 - ✓ Βιομηχανία

- *Grids Δεδομένων (Data Grids)*

⇒ Οι χρήστες και οι εφαρμογές διαχειρίζονται πληροφορίες από βάσεις δεδομένων που βρίσκονται σε κατακευματισμένες πλατφόρμες:

- ✓ εύκολα
- ✓ αποτελεσματικά

⇒ Μειωμένο κόστος γιατί δεν υπάρχει ανάγκη για μεταφορά, αντιγραφή και συγκέντρωση δεδομένων σε ένα κεντρικό σημείο

⇒ Αυξημένη αξιοπιστία κατά την πρόσβαση στα δεδομένα

- *Grids Υπηρεσιών (Service Grids)*

⇒ Πραγματοποίηση επεξεργασίας Πραγματικού Χρόνου

⇒ *Προϋποθέσεις:*

- ✓ η συλλογή δεδομένων από φυσικά καταμεμημένα εργαστήρια
- ✓ η ανάλυση των δεδομένων
- ✓ η διαχείριση των δεδομένων

1. Τι είναι το Grid ?
2. Ιστορική αναδρομή
3. Κατηγορίες Grid συστημάτων
4. Βασικές αρχές του Grid
5. Δυνατότητες του Grid
6. Χρήστες του Grid
7. Αρχιτεκτονική του Grid

- Διαμοιρασμός των υπολογιστικών πόρων



Χρήστης που αποκτάει πρόσβαση στο Grid

⇒ χρησιμοποιεί απομακρυσμένους πόρους, που θα του επιτρέψουν να εκτελέσει εργασίες που δεν έχει τη δυνατότητα να εκτελέσει σε ένα μεμονωμένο υπολογιστή ή σε μία συστοιχία υπολογιστών

⇒ αποκτάει πρόσβαση σε απομακρυσμένο λογισμικό, υπολογιστικούς πόρους, δεδομένα, απομακρυσμένους αισθητήρες, τηλεσκόπια, επιστημονικά όργανα που ανήκουν σε άλλα ερευνητικά κέντρα



Προβλήματα:

- ✓ Οι προσφερόμενοι πόροι ανήκουν σε διαφορετικούς ανθρώπους και η χρήση τους υπόκειται σε διαφορετικές πολιτικές και περιορισμούς
- ✓ Ετερογενείς πόροι (διαφορετικά λογισμικά, διαφορετικοί κανόνες πρόσβασης και ασφάλειας)

- Ασφαλής πρόσβαση

- ↳ *Πολιτική Πρόσβασης (Access policy)*

Σαφής καθορισμός της πρόσβασης των προμηθευτών των πόρων και των χρηστών και υπό ποιες προϋποθέσεις

- ↳ *Ταυτοποίηση (Authentication)*

Μηχανισμός που εξακριβώνει ποια είναι η ταυτότητα των χρηστών και των πόρων

- ↳ *Εξουσιοδότηση (Authorization)*

Μηχανισμός που καθορίζει τις εργασίες που επιτρέπονται με βάση τους κανόνες που ισχύουν

- Προβλήματα:

- Ασφάλειας στους υπολογιστές των Grid υποδομών
 - Στον τρόπο μεταφοράς των δεδομένων μέσω του διαδικτύου

- Αποτελεσματική χρήση των πόρων
- Αύξηση του αριθμού των χρηστών
 - ⇒ Ανεπάρκεια των υπολογιστικών πόρων
 - ⇒ Δημιουργία ουρών αναμονής πριν την εκτέλεση μίας εργασίας
- ⇒ Ανάπτυξη αλγορίθμων για την βέλτιστη ανάθεση των εργασιών στους πόρους που διατίθενται
- ⇒ Βέλτιστη ανάθεση:
 - ✓ Αριθμός εργασιών σε μία ουρά αναμονής
 - ✓ Υπολογιζόμενος χρόνος για την εκτέλεση των εργασιών που προηγούνται
 - ✓ Υπολογιστική ισχύς των πόρων

- Εξάλειψη της γεωγραφικής απόστασης
- ↳ Απαιτούνται δίκτυα υψηλών ταχυτήτων για την διασύνδεση των πόρων
(οπτικές ίνες, ανάπτυξη των διαδικτυακών τεχνολογιών)
- ↳ Χρόνος μεταφοράς των δεδομένων μεγάλος
⇒ Μη αποτελεσματική η επεξεργασία δεδομένων σε ισχυρότερους αλλά πολύ μακρινούς υπολογιστικούς πόρους
- ↳ Μικρή καθυστέρηση στην επικοινωνία των μονάδων έτσι ώστε η συνεργασία να γίνεται σε πραγματικό χρόνο

- Δημιουργία κοινών προτύπων (Open Standards)
- ✓ Μηχανικοί που αναπτύσσουν τις τεχνολογίες Grid
- ✓ Εταιρείες που αναπτύσσουν τεχνολογίες διαδικτύου
- ⇒ Μία εργασία που εκτελείται σε μία υποδομή Grid θα εκτελείται με τον ίδιο τρόπο και σε μία άλλη αν υπάρχουν κοινά πρότυπα
- ⇒ **Global Grid Forum**
 - Καθιέρωση κοινών προτύπων (π.χ. OGSA)
 - Σχεδιασμός μελλοντικών εφαρμογών και υπηρεσιών του Grid
- ⇒ **Globus Toolkit**
 - Αναπτύσσεται από το Globus Alliance
 - Λογισμικά εργαλεία για τη δημιουργία υπολογιστικών πλεγμάτων

1. Τι είναι το Grid ?
2. Ιστορική αναδρομή
3. Κατηγορίες Grid συστημάτων
4. Βασικές αρχές του Grid
5. Δυνατότητες του Grid
6. Χρήστες του Grid
7. Αρχιτεκτονική του Grid

- **Καλύτερη εκμετάλλευση πόρων**
- ⇒ Το μηχάνημα του χρήστη μπορεί να χρησιμοποιεί το μεγαλύτερο μέρος της ισχύς του
- ⇒ Χρήση ενός grid για την εκτέλεση μίας εφαρμογής (*Grid application*) σε ένα απομακρυσμένο μηχάνημα
- ⇒ Εκτέλεση της εφαρμογής σε κάποιο άλλο αδρανές (*idle*) μηχάνημα στο Grid χωρίς απόκτηση καινούργιων πόρων
- ⇒ Ισορροπία στο φορτίο των υπάρχοντων πόρων (*load balancing*)
- ⇒ Προϋποθέσεις :
 - ✓ Σχεδιασμός εφαρμογής με βάση τους μηχανισμούς του Grid
 - ✓ Το απομακρυσμένο μηχάνημα να διαθέτει κατάλληλο υλικό και λογισμικό για την εκτέλεση της εφαρμογής

- **Παράλληλη υπολογιστική επεξεργασία (Parallel CPU Capacity)**

- ⇒ Εφαρμογές υψηλών απαιτήσεων σε υπολογιστική ισχύ

- ⇒ Χωρισμός αλγορίθμων σε τμήματα που μπορούν να εκτελεστούν παράλληλα

Προβλήματα

- ⇒ Δύσκολο να χωριστεί μια εφαρμογή σε τελείως ανεξάρτητα κομμάτια

- ⇒ Συγκρούσεις όταν υπάρχουν κοινά αρχεία ή κοινές βάσεις δεδομένων για ανάγνωση και αποθήκευση δεδομένων

- **Παράλληλη υπολογιστική επεξεργασία (Parallel CPU Capacity)**

↪ Τεχνικά προβλήματα στην επικοινωνία παράλληλων εργασιών:

- ✓ η περιορισμένη χωρητικότητα δικτύου
- ✓ τα πρωτόκολλα συγχρονισμού
- ✓ το εύρος ζώνης προς συσκευές αποθήκευσης

↪ Πολλές επιστημονικές εφαρμογές όπως:

- | | |
|----------------------|-------------------------|
| ✓ Σωματιδιακή Φυσική | ✓ Animation |
| ✓ Βιοιατρική | ✓ Επεξεργασία video |
| ✓ Οικονομικά Μοντέλα | ✓ Μετεωρολογικά Μοντέλα |

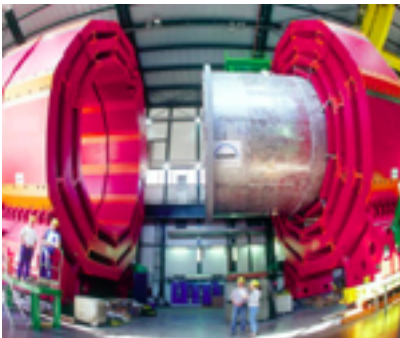


- **Συνεργασία μέσω εικονικών οργανισμών**
- **“A set of individuals and / or institutions defined by highly controlled sharing rules, with resource providers and consumers defining clearly and carefully just what is shared, who is allowed to share and the conditions under which sharing occurs”**
Ian Foster
- **Μεμονωμένα άτομα ή οργανισμοί που μοιράζονται υπολογιστικούς πόρους με έναν ευέλικτο, ασφαλή και οργανωμένο τρόπο**
- ↳ **Άλλα κοινά “αγαθά” μεταξύ των εικονικών οργανισμών**
 - ✓ πόρους
 - ✓ λογισμικό
 - ✓ ειδικό εξοπλισμό
 - ✓ άδειες
 - ✓ υπηρεσίες (services)
 - ✓ εύρος ζώνης σύνδεσης στο internet

- **Ενταγμένοι στο πείραμα LHC**

- ALICE ⇒ Πείραμα ALICE
- ATLAS ⇒ Πείραμα ATLAS
- CMS ⇒ Πείραμα CMS
- DTEAM ⇒ Grid (LCG) Deployment Group
- LHCB ⇒ Πείραμα LHCB
- SixTrack ⇒ Single Particle Tracking Code

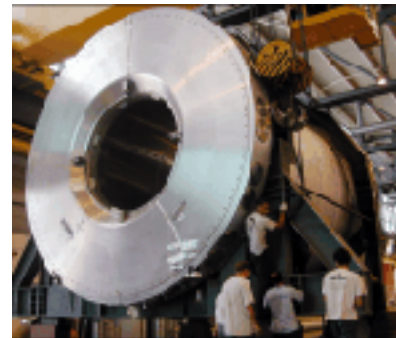
CMS



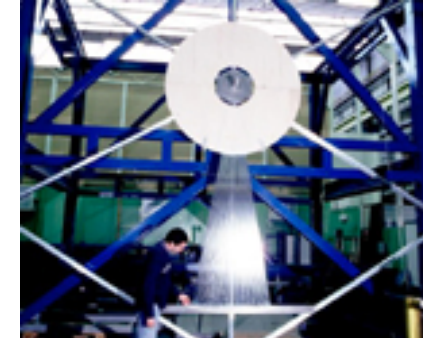
LHCb



ATLAS



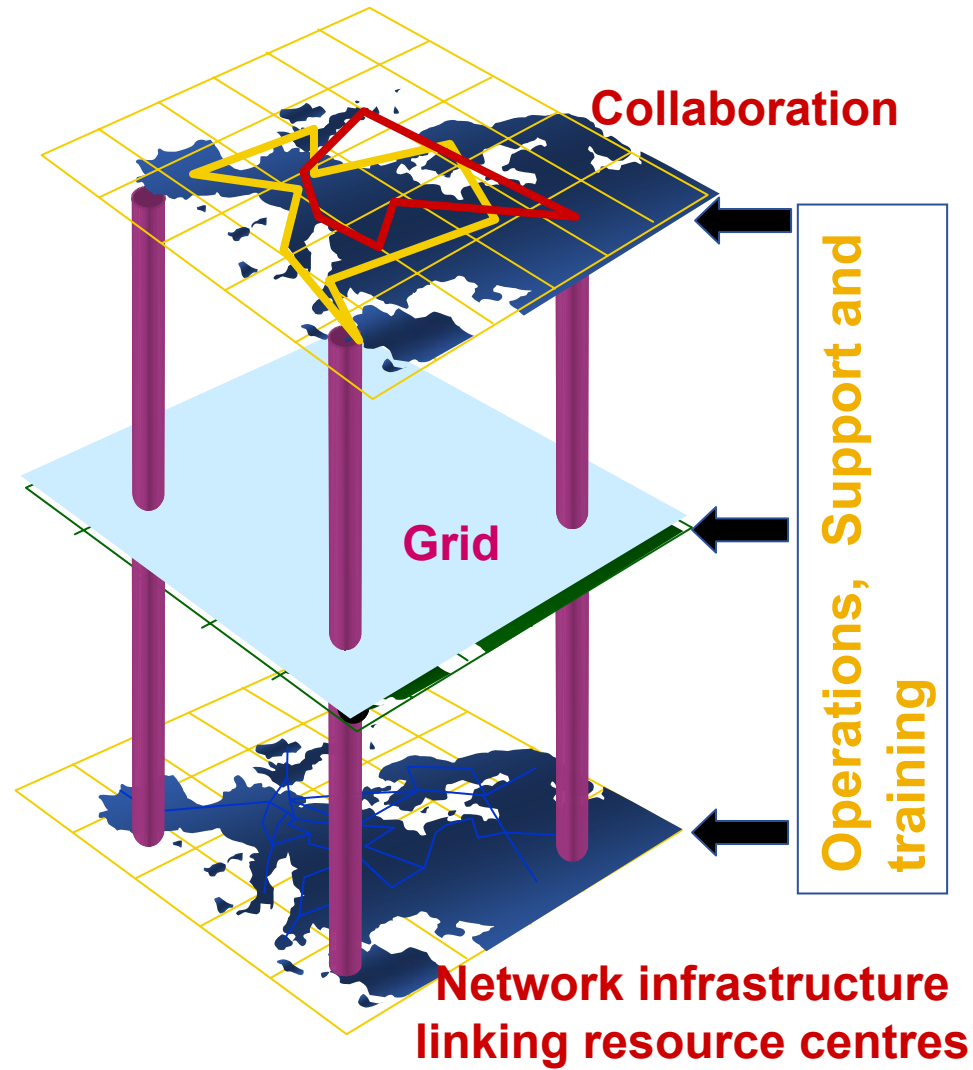
ALICE



- **Μη ενταγμένοι στο πείραμα LHC**

- | | |
|-------------|-----------------------------------|
| ▪ Babar | ⇒ Πείραμα Babar |
| ▪ D0 | ⇒ Πείραμα D0 |
| ▪ H1 | ⇒ Πείραμα H1 |
| ▪ Zeus | ⇒ Πείραμα Zeus |
| ▪ ILC | ⇒ ILC Community |
| ▪ Biomed | ⇒ EGEE Biomedical Activity |
| ▪ ESR | ⇒ Earth Science Research |
| ▪ EGEODE | ⇒ Expanding GEOsciences on Demand |
| ▪ PhenoGrid | ⇒ Particle Physics Phenomenology |
| ▪ CompChem | ⇒ Computational Chemistry |
| ▪ SEE-VO | ⇒ South Eastern Europe VO |

- **Περισσότερα στοιχεία για τους εικονικούς οργανισμούς σε επόμενη διάλεξη**



- «Τα Grid συστήματα δεν είναι κάτι υπερφυσικό ώστε να πάρουν μία εφαρμογή και να την εκτελέσουν με μαγικό τρόπο 1000 φορές γρηγορότερα χωρίς να αγοραστεί καινούργιο υλικό ή λογισμικό ή να προσαρμοστεί η εφαρμογή!!!»
- Κάθε εφαρμογή δεν μπορεί να παραλληλοποιηθεί έτσι ώστε να είναι κατάλληλη για το Grid περιβάλλον!
- Τα Grid συστήματα δεν έχουν αναπτυχθεί τόσο ώστε να εξυπηρετούν κάθε ανάγκη
⇒ Νέα services αναπτύσσονται διαρκώς ...

1. Τι είναι το Grid ?
2. Ιστορική αναδρομή
3. Κατηγορίες Grid συστημάτων
4. Βασικές αρχές του Grid
5. Δυνατότητες του Grid
6. Χρήστες του Grid
7. Αρχιτεκτονική του Grid

↪ **Χρήστες εφαρμογών (End Users):**

Χρησιμοποίηση των εφαρμογών

Αξιοποίηση της υπολογιστικής ισχύς και του αποθηκευτικού χώρου που τους παρέχεται

↪ **Σχεδιαστές εφαρμογών (Application Developers):**

Σχεδίαση και ανάπτυξη εφαρμογών που μπορούν να εκτελεστούν σε Grid υποδομές

✓ Σχεδιαστές εφαρμογών των εικονικών οργανισμών

⇒ ανάπτυξη εφαρμογών για τις προσομοιώσεις πειραμάτων

- ↪ **Διαχειριστές συστημάτων Grid (Grid Administrators):**
 Διαχείριση των επιμέρους Grid υποδομών και εξασφάλιση της σωστής λειτουργίας τους
 (διαχειριστές δικτύου, διαχειριστές cluster, διαχειριστές cluster ευρύτερης γεωγραφικής περιοχής, διαχειριστές των προγραμμάτων που χρησιμοποιούνται από τους εικονικούς οργανισμούς)
- ↪ **Σχεδιαστές συστημάτων Grid (Grid Developers):**
 Ανάπτυξη, σχεδιασμός και εφαρμογή των νέων υπηρεσιών
- ↪ **Σχεδιαστές εργαλείων (Tool Developers):**
 Ανάπτυξη εργαλείων, compilers, βιβλιοθηκών
 ⇒ Παροχή αποδοτικών εφαρμογών των προγραμματιστικών μοντέλων που θα χρησιμοποιηθούν από τους προγραμματιστές εφαρμογών

- **Η κυβέρνηση και Διεθνείς οργανισμοί**
 - ↪ Χρήση των ισχυρότερων υπολογιστικών πόρων σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης
 - ↪ Έμμεση αντίδραση σε καταστροφές (πλημμύρες, πυρκαγιές)
 - ↪ Ανταλλαγή αρχείων δεδομένων μεταξύ ιδρυμάτων και οργανισμών πιο απλά και πιο αποτελεσματικά
 - ↪ Ανάπτυξη οικονομικών μοντέλων

- **Εκπαίδευση**
 - ↪ Οι ηλεκτρονικές βιβλιοθήκες μπορούν να επωφεληθούν από Grid-based εργαλεία για πρόσβαση σε κατανεμημένα δεδομένα
 - ↪ Η ηλεκτρονική μάθηση μπορεί να επιτευχθεί με τη δημιουργία εικονικών τάξεων με μαθητές, πόρους και εκπαιδευτές που βρίσκονται σε διαφορετικά μέρη

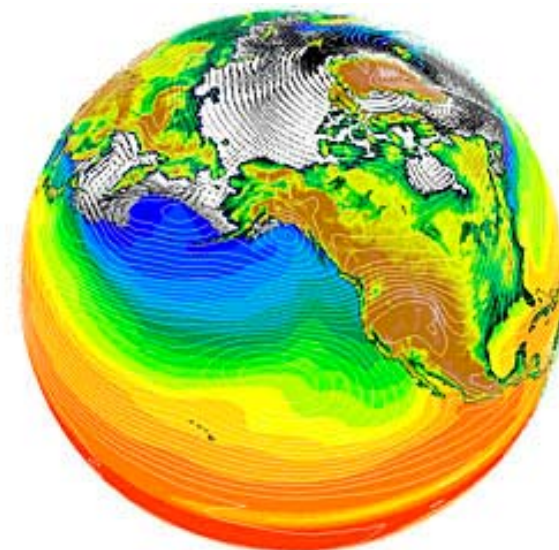


- Η Επιστημονική κοινότητα και η Τεχνολογία
- ↳ Εξομοίωση των εφαρμογών σε πραγματικό χρόνο
- ↳ Εκτέλεση διάφορων υπολογισμών
- ↳ Σύνδεση απομακρυσμένων μηχανημάτων σε φάρμες υπολογιστών έτσι ώστε να μπορούν να παρακολουθούν και να διαχειρίζονται απομακρυσμένα όργανα και αισθητήρες
- ↳ Απαιτούνται:
 - ✓ Πολλές μονάδες επεξεργασίας
 - ✓ Αρκετός αποθηκευτικός χώρος
 - ✓ Πρόσβαση σε κοινές βάσεις δεδομένων.
- ↳ Φυσική Υψηλών Ενεργειών, Αστρονομία, Μετεωρολογία, Βιοϊατρικές Επιστήμες

- Το περιβάλλον
 - ⇒ Εξομοίωση διάφορων περιβαλλοντολογικών προβλημάτων, όπως
 - ✓ Τρύπα του όζοντος
 - ✓ Φαινόμενο του θερμοκηπίου
 - ✓ Μόλυνση του νερού και του αέρα
- Μοντελοποίηση και πρόβλεψη σεισμών
- Πρόβλεψη καιρού, τυφώνων

- **Ιδιωτικός τομέας**
 - ⇒ Παρέχουν λογισμικό εφαρμογών και υπηρεσίες ειδικού ενδιαφέροντος
 - ⇒ Χρήστες των τεχνολογιών Grid για τις δραστηριότητές τους

- ✓ Η γεωγραφική διασπορά των τμημάτων των εταιρειών
 - ⇒ ανάπτυξη τοπικών Grids (intra – grids) κατά αναλογία με τα intranets



Access Grid
 DISCOM
 DOE Science Grid
 Condor
 ESG (Earth System Grid)
 Fusion Collaboratory
 Globus
 GrADSoft (Grid Application Development Software)
 Grid Canada
 GRIDS (Grid Research Integration Development & Support Center)
 GriPhyN (Grid Physics Network)
 iVDGL (International Virtual Data Grid Laboratory)
 Music Grid
 NASA Information Power Grid
 NCSA Alliance Access Grid

AstroGrid
 AVO (Astrophysical Virtual Observatory)
 Comb-e-chem
 CrossGrid
 DAME (Distributed Aircraft Maintenance Environment)
 DAMIEN (Distributed Applications and Middleware for Industrial Networks)
 DataTAG
 Discovery Net
 DutchGrid
 EDG (European DataGrid)
 EGSO (European Grid of Solar Observations)
 GEODISE (Grid Enabled Optimisation & Design Search for Engineering)

GRIA (Grid Resources for Industrial Applications)
 Grid-Ireland
 GridLab (Grid Application Toolkit and Testbed)
 GridPP
 LCG (LHC Computing Grid)
 MyGrid
 NGIL (National Grid for Learning Scotland)
 NorduGrid (Nordic Testbed for Wide Area Computing and Data Handling)
 PIONIER Grid
 Reality Grid
 ScotGrid

ApGrid
 ApBioNet
 Grid Forum Korea
 PRAGMA (Rim Applications and Grid Middleware Assembly)
 Grid Datafarm for Petascale Data Intensive Computing
 Gridbus Project

- ✚ Αναπτυξιακό έργο της Ευρωπαϊκής Ένωσης με σκοπό την δημιουργία πλέγματος (Grid) στην Ευρώπη
- ✚ Η υποδομή αυτή θα είναι διαθέσιμη στην επιστημονική κοινότητα 24 ώρες την ημέρα και 7 ημέρες την εβδομάδα
- *Αυτό το έργο αρχικά επικεντρώνεται σε τρεις βασικούς τομείς:*
 - ✓ Ο πρώτος τομέας είναι η ανάπτυξη υποδομής πλέγματος που παρέχει όλες τις απαραίτητες υπηρεσίες για την ενσωμάτωση νέων πόρων και η υποστήριξη των χρηστών Φυσικής Υψηλών Ενεργειών και Βιο-Πληροφορικής
 - ✓ Ο δεύτερος τομέας είναι η συνεχής βελτίωση και διατήρηση του μερισμικού έτσι ώστε να παρέχονται αξιόπιστες υπηρεσίες στους χρήστες
 - ✓ Ο τρίτος τομέας είναι η προσέλκυση καινούργιων χρηστών τόσο από τη βιομηχανία όσο και από τον επιστημονικό χώρο και εξασφάλιση ότι οι χρήστες αυτοί λαμβάνουν τη καλύτερη δυνατή εκπαίδευση και υποστήριξη που χρειάζονται

- **Σκοπός**
 - Το LCG project στοχεύει στην εγκατάσταση και την εξασφάλιση της λειτουργίας ενός Grid για τη συγκέντρωση και την ανάλυση των δεδομένων που θα προκύψουν από τους ανιχνευτές του LHC.

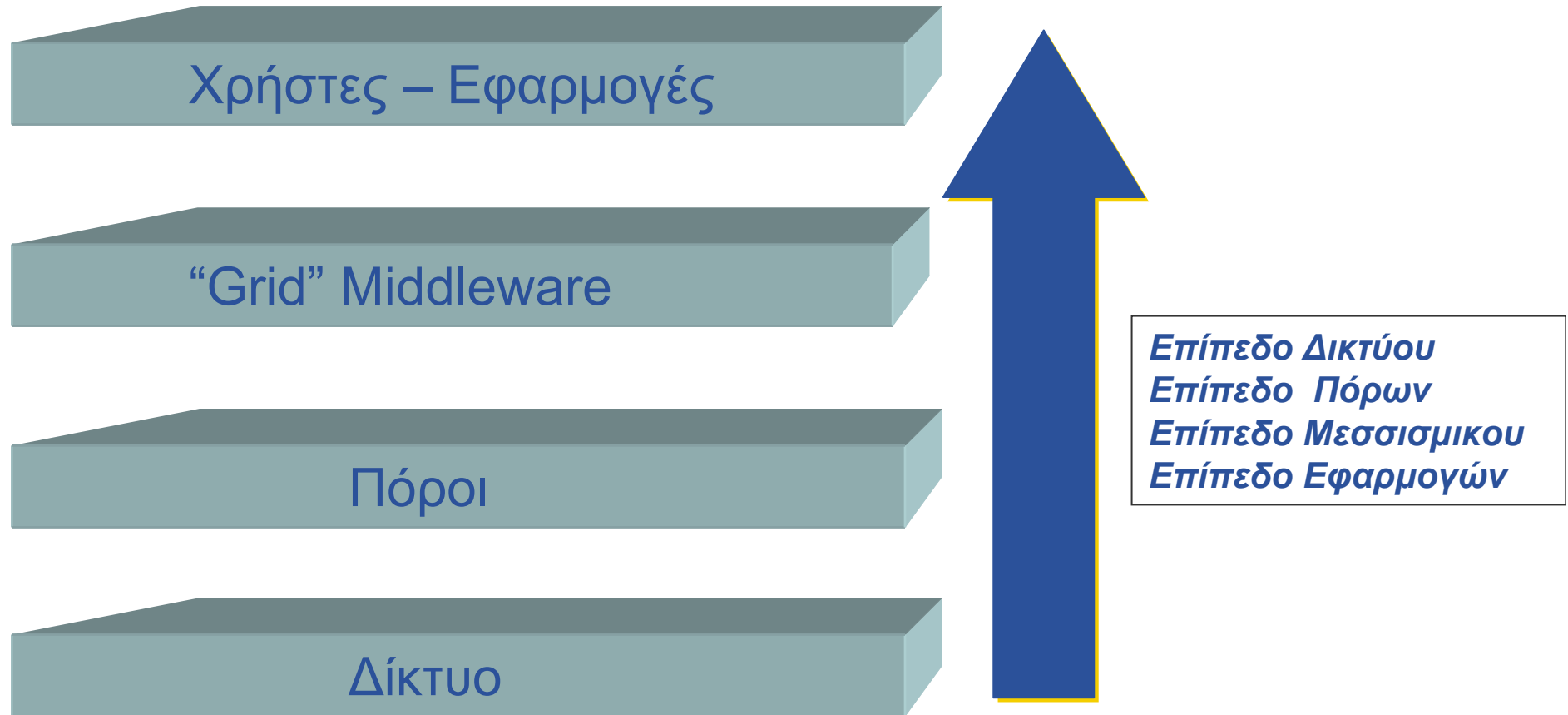
- ⇒ Η επεξεργασία και η ανάλυση των δεδομένων αυτών θα απαιτήσει τεράστια υπολογιστική ισχύ και τεράστιο αποθηκευτικό χώρο

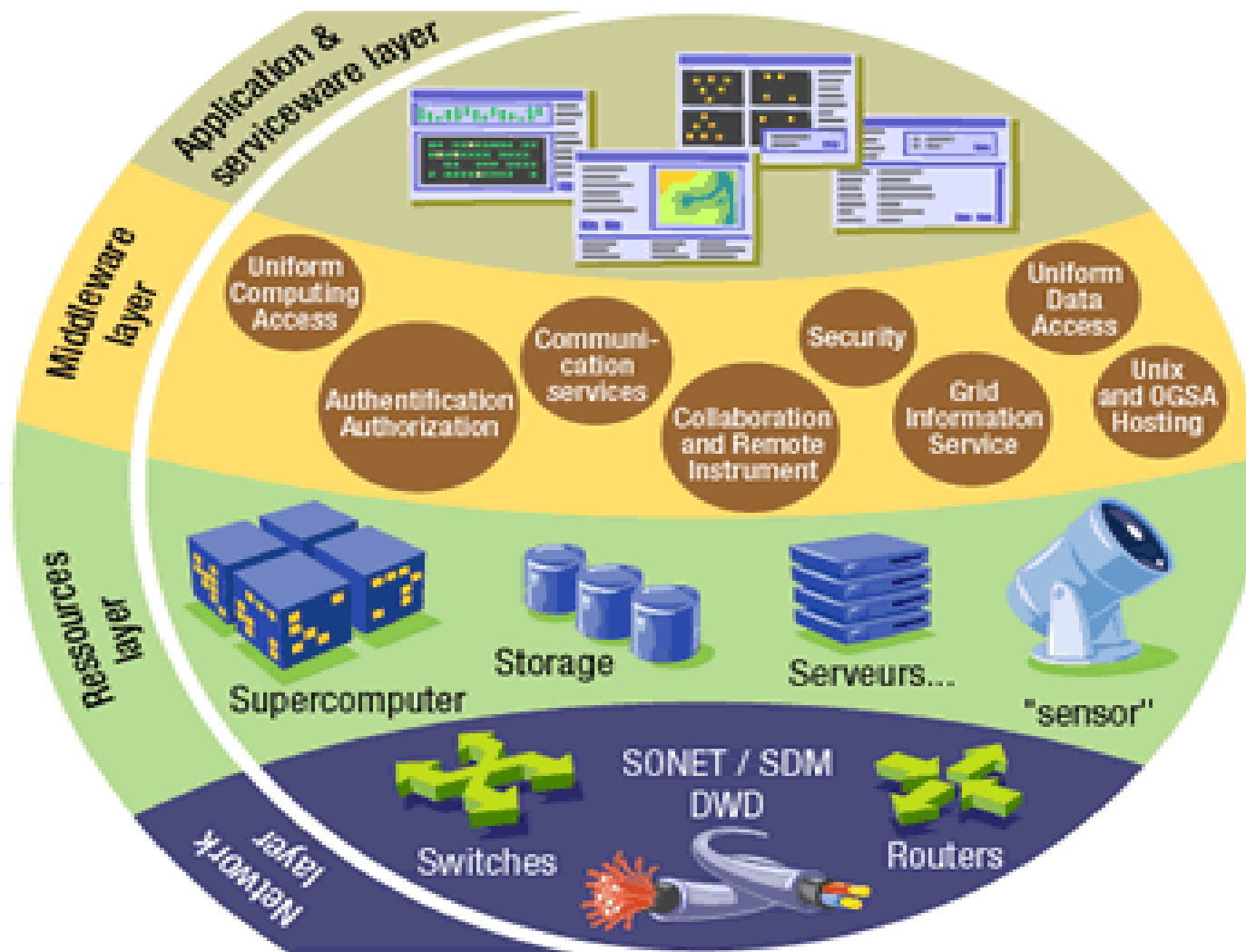
- Προετοιμασία κοινής υποδομής:
 - ✓ βιβλιοθηκών
 - ✓ των εργαλείων
 - ✓ των frameworks

που απαιτούνται για να υποστηρίξουν τα προγράμματα εφαρμογών φυσικής



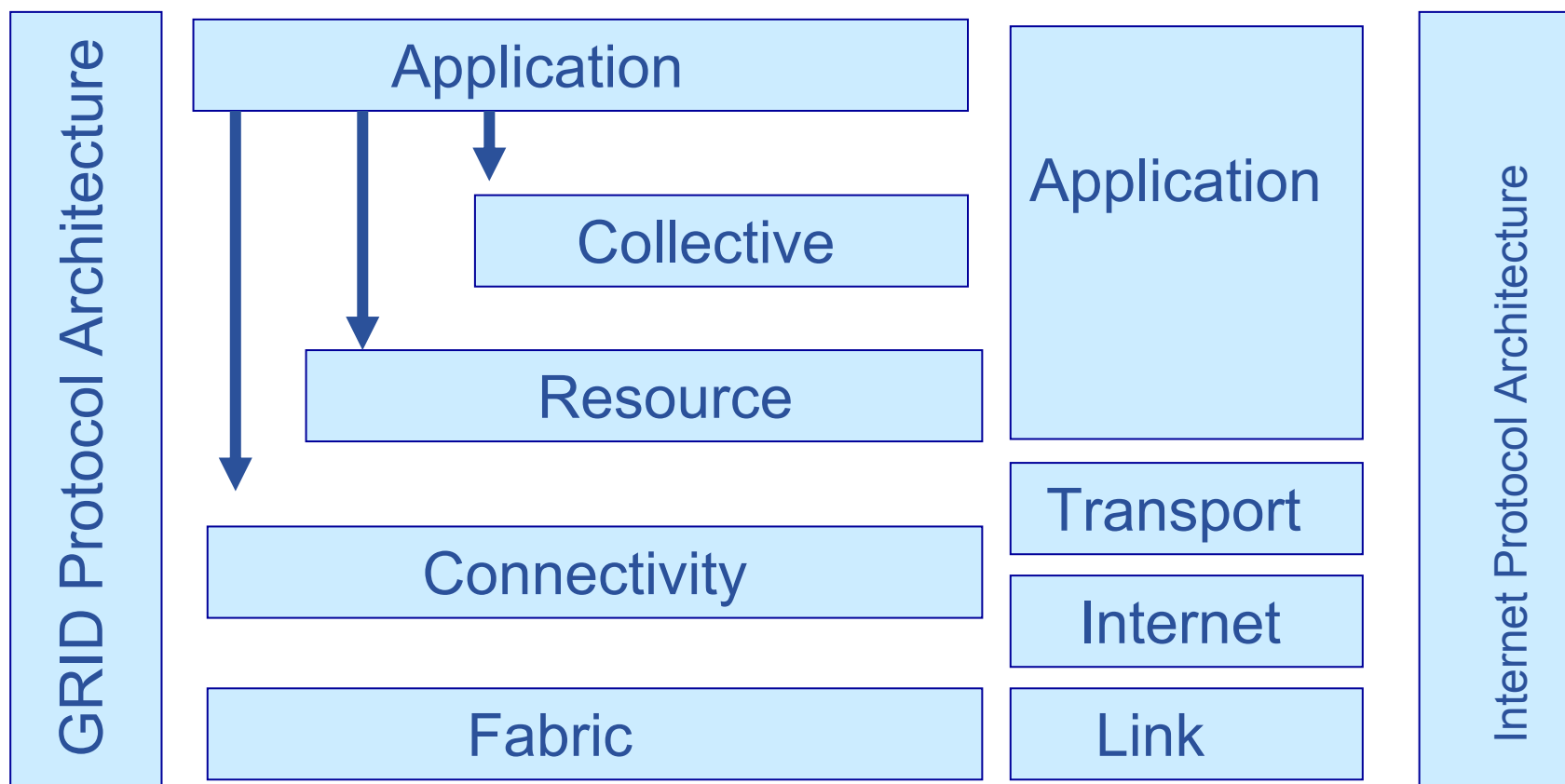
1. Τι είναι το Grid ?
2. Ιστορική αναδρομή
3. Κατηγορίες Grid συστημάτων
4. Βασικές αρχές του Grid
5. Δυνατότητες του Grid
6. Χρήστες του Grid
7. Αρχιτεκτονική του Grid





- A layered grid architecture and its relationship to the Internet protocol architecture

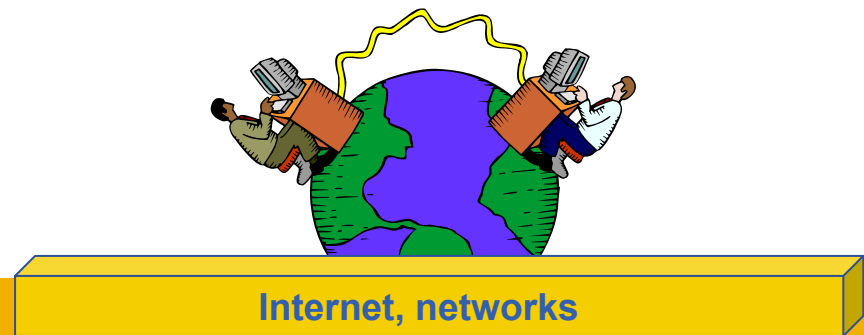
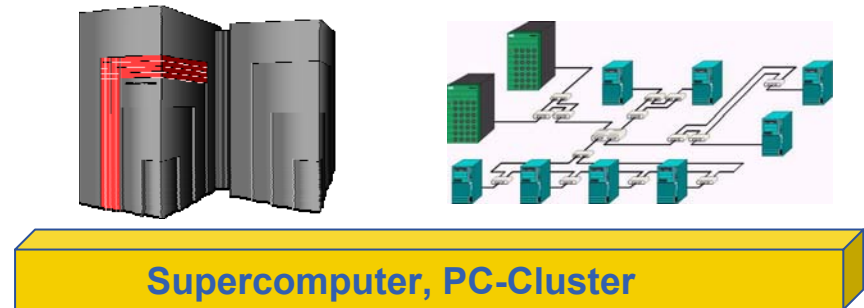
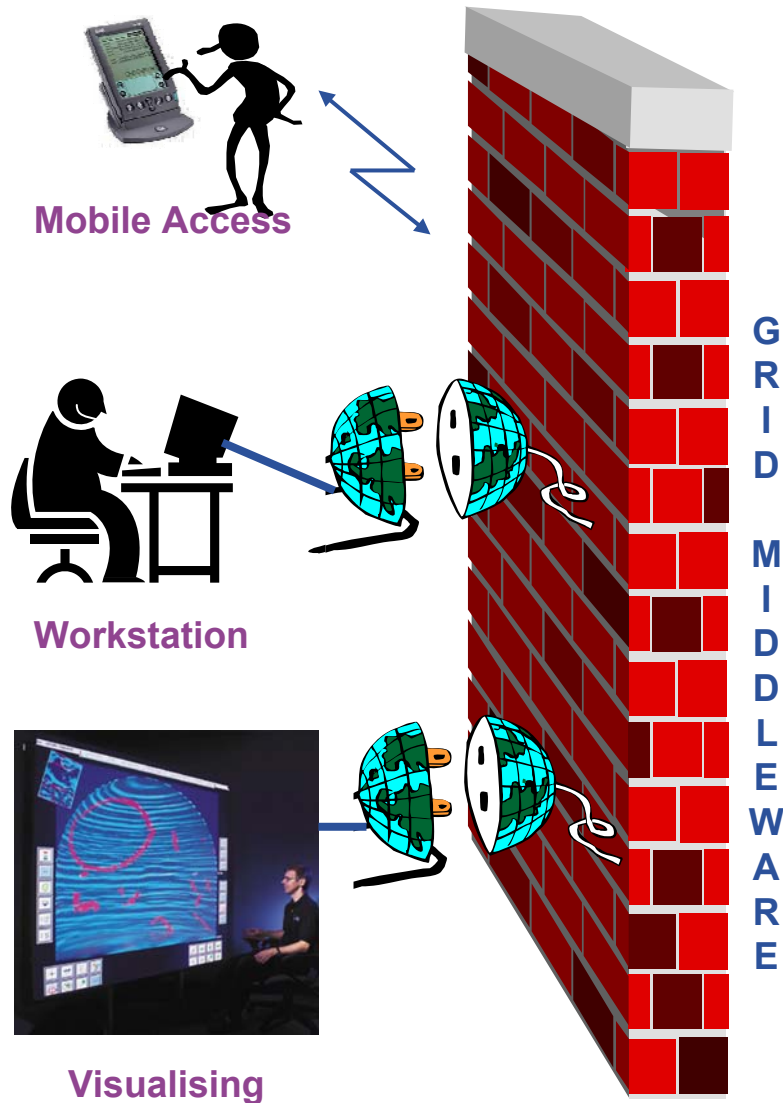
(Foster, Kesselman, & Tuecke)



- Λογισµικό (σύνολο από services) που οργανώνει και ενοποιεί διαφορετικούς υπολογιστικούς πόρους που ανήκουν σε ένα Grid
- Το μεσισµικό του Grid κρύβει µεγάλο µέρος από την πολυπλοκότητα του Grid περιβάλλοντος από το χρήστη και του δίνει την εντύπωση ότι όλοι οι πόροι είναι διαθέσιµοι σε αυτόν σε ένα ενιαίο εικονικό κέντρο
- LCG, Globus, Condor, gLite



Condor
High Throughput Computing



- Βελτιστοποιεί τη χρήση των γεωγραφικά κατανεμημένων πόρων
 - Εξασφαλίζει αποτελεσματική πρόσβαση σε επιστημονικά δεδομένα
 - Είναι υπεύθυνο για την ταυτοποίηση των χρηστών όταν υποβάλλουν μία εργασία σε ένα site
 - Βρίσκει το “κατάλληλο μέρος” για να εκτελεστεί μία εργασία
 - Υπεύθυνο για εκτέλεση των εργασιών
 - Καταγράφει την πορεία εκτέλεσης μίας εργασίας
 - Επανακάμπτει από προβλήματα
- ⇒ Ενημερώνει το χρήστη όταν μία εργασία εκτελεστεί και επιστρέφει το αποτέλεσμα

- **Grid project**

{ **Πρωτόκολλα**
Υπηρεσίες

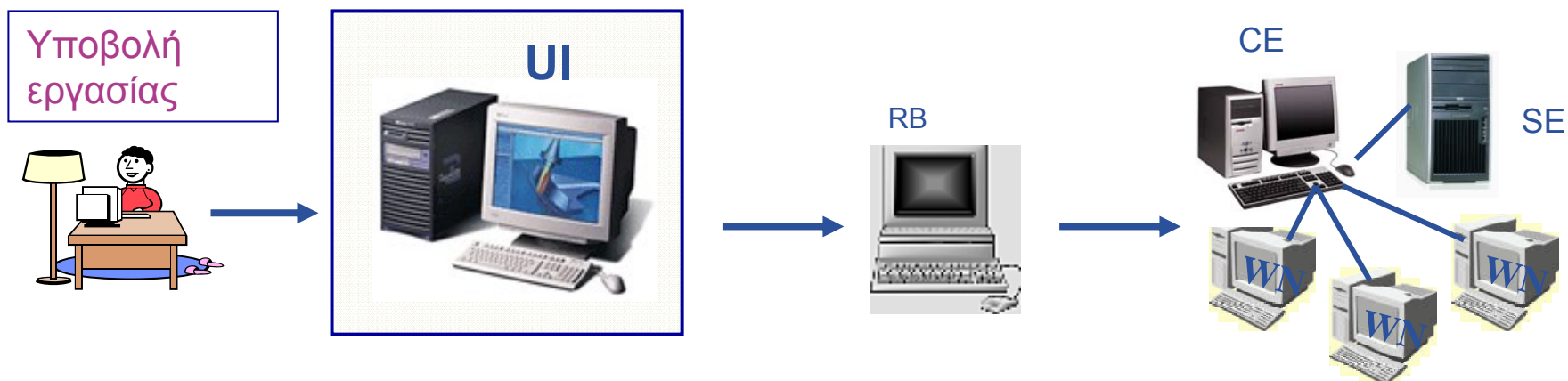


- **Αναπτύσσεται από το Globus Alliance**
- **Λογισμικά εργαλεία για τη δημιουργία υπολογιστικών πλεγμάτων**
- ✚ **Υποδομή “ανοιχτού κώδικα” που περιλαμβάνει πολλές υπηρεσίες που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη εφαρμογών Grid που σχετίζονται με την ασφάλεια, την ανακάλυψη πόρων, την διαχείριση πόρων και την πρόσβαση σε δεδομένα**
- **Επιλογή υπηρεσιών ανάλογα με τις ανάγκες των σχεδιαστών των εφαρμογών**
- **GRAM, GSI, MDS, GRIS, GIIS, GridFTP, Replica Catalog, Replica Management System**

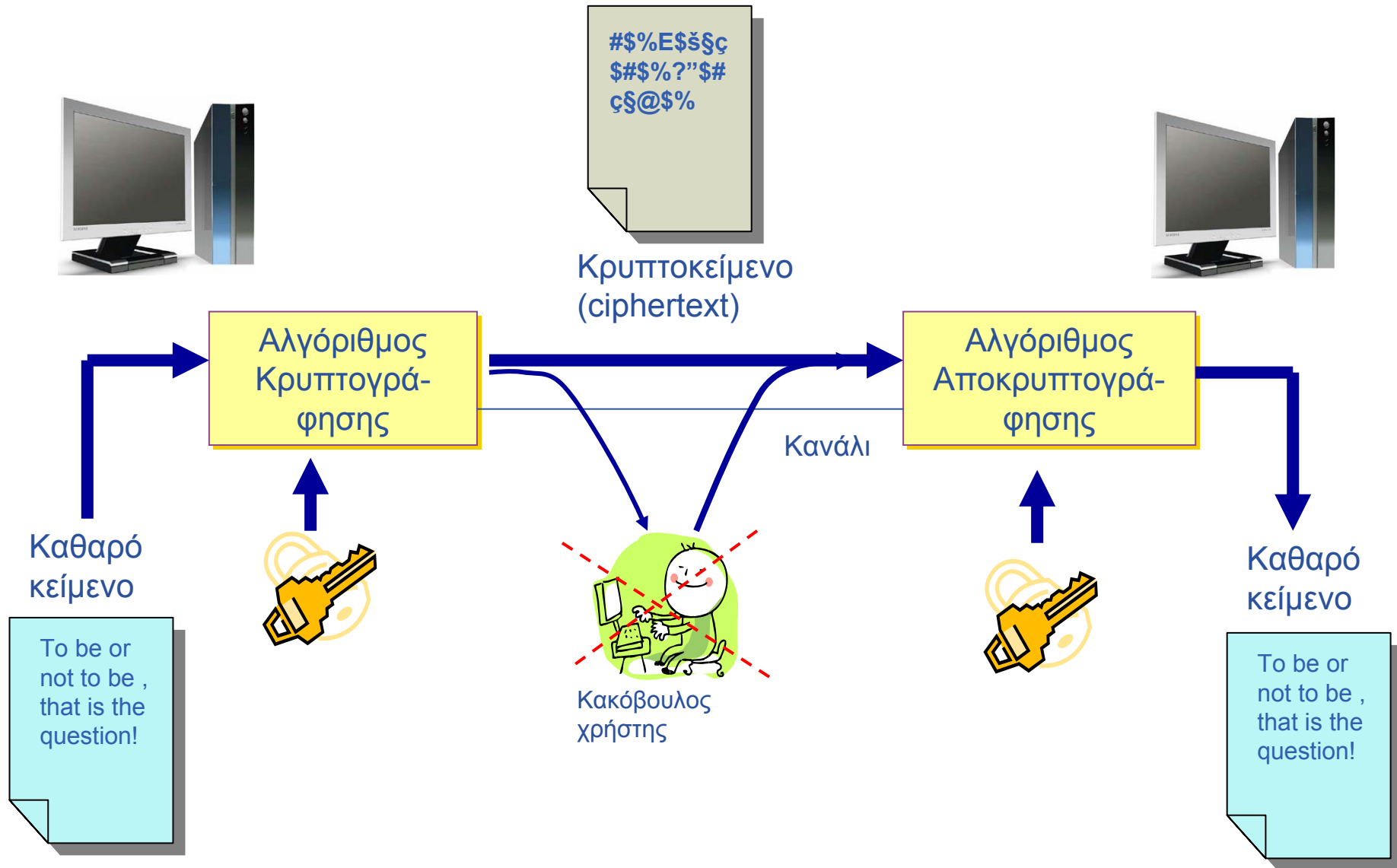
- Μέρος του EGEE έργου
- Επόμενη γενιά μεσισμικού για grid computing
- Στην ανάπτυξη του συμμετέχουν 80 άτομα από 12 διαφορετικά ακαδημαϊκά και βιομηχανικά ευρωπαϊκά κέντρα
- Υλοποιεί υπηρεσίες για *computing element, data management, accounting, logging and bookeping, information and monitoring, service discovery, security, workload management*

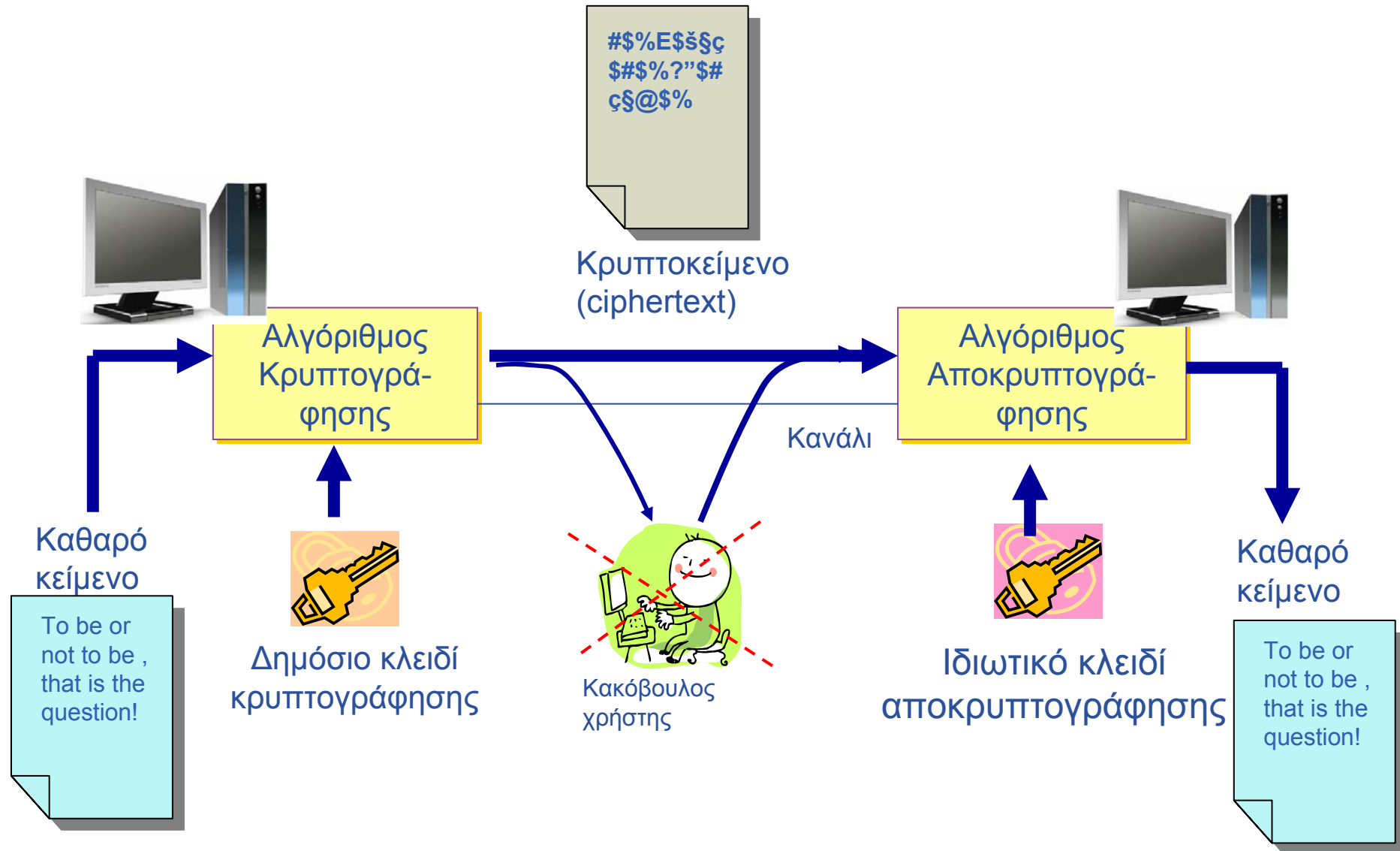


- Επιτρέπει στους χρήστες να έχουν πρόσβαση στις λειτουργίες του Grid
- Οι χρήστες αποκτούν σε αυτό προσωπικό λογαριασμό και εγκαθιστούν το προσωπικό τους πιστοποιητικό
- Πύλη για τα Grid Services



- Παρέχει στο χρήστη ένα *Command Line Interface* για την υλοποίηση κάποιων βασικών λειτουργιών, όπως :
 - ⇒ Εύρεση όλων των υπολογιστικών πόρων που είναι συμβατοί με τις απαιτήσεις μιας υποβαλλόμενης εργασίας
 - ⇒ Υποβολή (submit) μίας εργασίας
 - ⇒ Παρακολούθηση της πορείας εκτέλεσης της εργασίας
 - ⇒ Ακύρωση μίας ή περισσότερων εργασιών
 - ⇒ Ανάκτηση των πληροφοριών υποβολής μίας εργασίας
 - ⇒ Λήψη της εξόδου μίας ή περισσότερων εργασιών που έχουν ολοκληρωθεί
 - ⇒ Ανάκτηση των δεδομένων εξόδων από τις εργασίες που εκτελέστηκαν





- Επιλέγονται δύο ακέραιοι πρώτοι αριθμοί ο p και q και υπολογίζεται το γινόμενο τους $n=p \cdot q$
- Επιλέγεται ένας τυχαίος αριθμός d ο οποίος είναι πρώτος ως προς τους $(p-1)$ και $(q-1)$
- Υπολογίζεται ο αριθμός e από τη σχέση $e \cdot d \bmod (p-1)(q-1) = 1$
- Το ζεύγος των αριθμών (e,n) είναι το δημόσιο κλειδί
- Το ζεύγος των αριθμών (d,n) είναι το ιδιωτικό κλειδί

- Κάθε οντότητα (χρήστης, υπολογιστικό μηχάνημα, άλλος πόρος) πρέπει να αποκτήσει ένα πιστοποιητικό
- Το πιστοποιητικό πρέπει να περιλαμβάνει πληροφορίες, όπως την ημερομηνία λήξης του, την Αρχή Πιστοποίησης από την οποία υπογράφηκε, το δημόσιο κλειδί του κατόχου και ένα θέμα
- Το θέμα του πιστοποιητικού (DN) προσδιορίζει μοναδικά τον κάτοχο του στο Grid και αποτελείται από τα εξής πεδία:

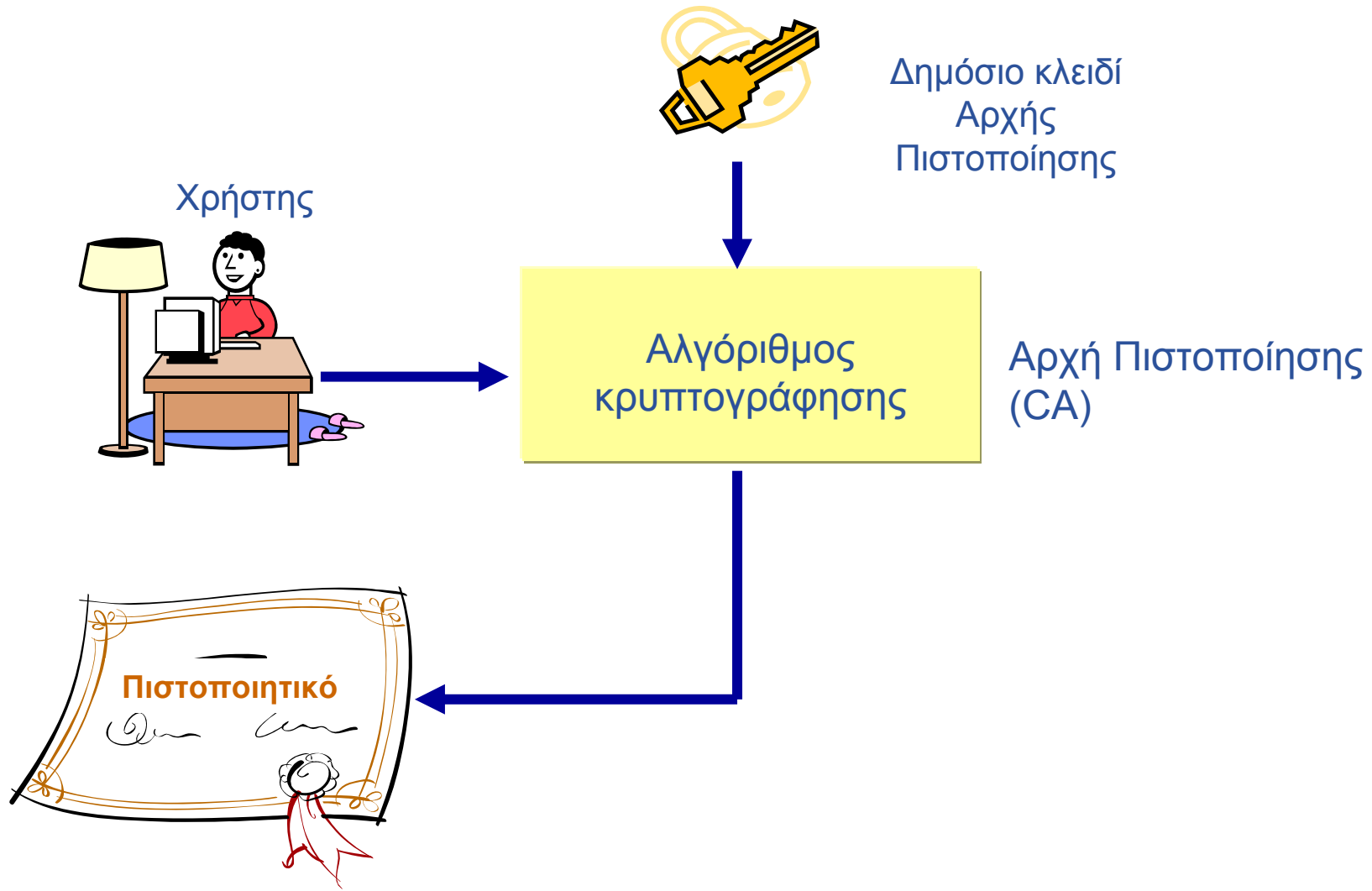
C = Χώρα του κατόχου

O = Οργανισμός του κατόχου

OU = Τμήμα του οργανισμού στο οποίο ανήκει ο κάτοχος

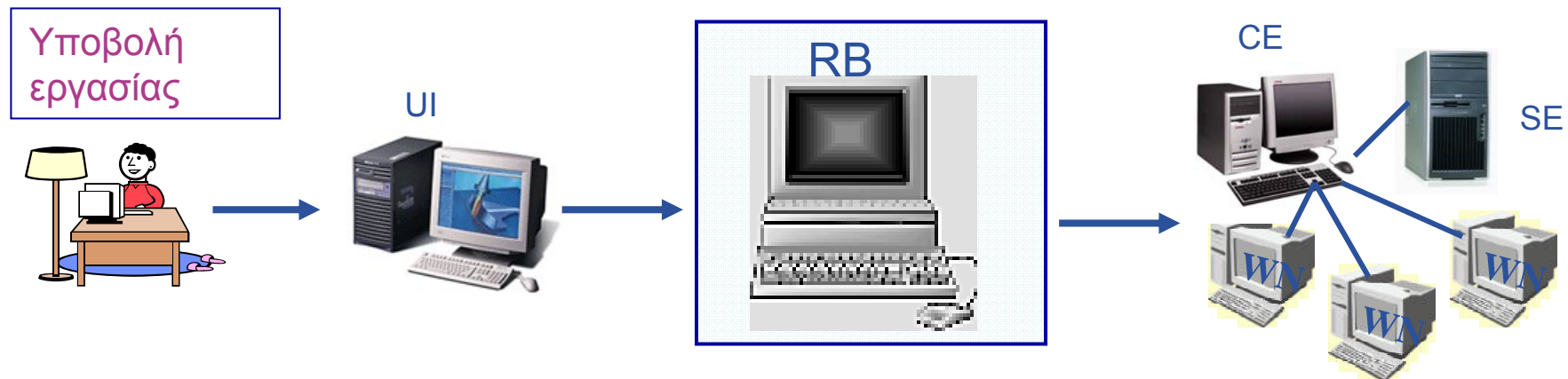
CN = Όνομα του χρήστη ή του πόρου

- Είναι ένα εμπιστευόμενο τρίτο μέλος, το οποίο:
 - ✓ εκδίδει τα δημόσια κλειδιά
 - ✓ πιστοποιεί τις πληροφορίες που περιέχονται σε ένα πιστοποιητικό υπογράφοντας το με το δικό της ιδιωτικό κλειδί
- Η υπογραφή της Αρχής Πιστοποίησης γίνεται μέρος του πιστοποιητικού, το οποίο μπορεί να επαληθευτεί με τη χρήση του δημοσίου κλειδιού της Αρχής Πιστοποίησης από οποιονδήποτε την εμπιστεύεται

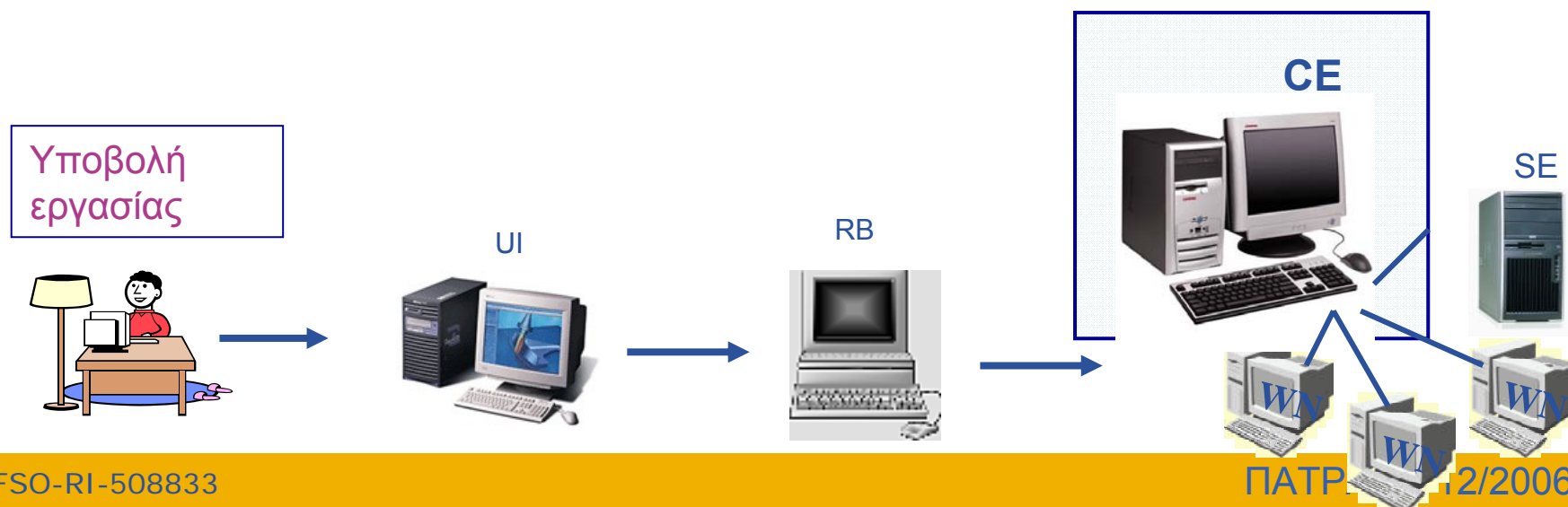


- Δημιουργία νέου προσωρινού πιστοποιητικού με τη χρήση του κανονικού πιστοποιητικού
 - ⇒ δημιουργείται ένα καινούργιο ζεύγος δημοσίου και ιδιωτικού κλειδιού για χρήση όσο το προσωρινό πιστοποιητικό είναι ενεργό
- Το καινούργιο ιδιωτικό κλειδί δεν ασφαλίζεται από κωδικό του χρήστη
- Οι κίνδυνοι από τη μη προφύλαξη του ιδιωτικού κλειδιού ελαττώνονται γιατί
 - ✓ το *proxy* πιστοποιητικό μπορεί να ρυθμιστεί να είναι έγκυρο για μικρό χρονικό διάστημα
 - ✓ χρησιμοποιεί ένα διαφορετικό ιδιωτικό κλειδί από αυτό του κανονικού πιστοποιητικού

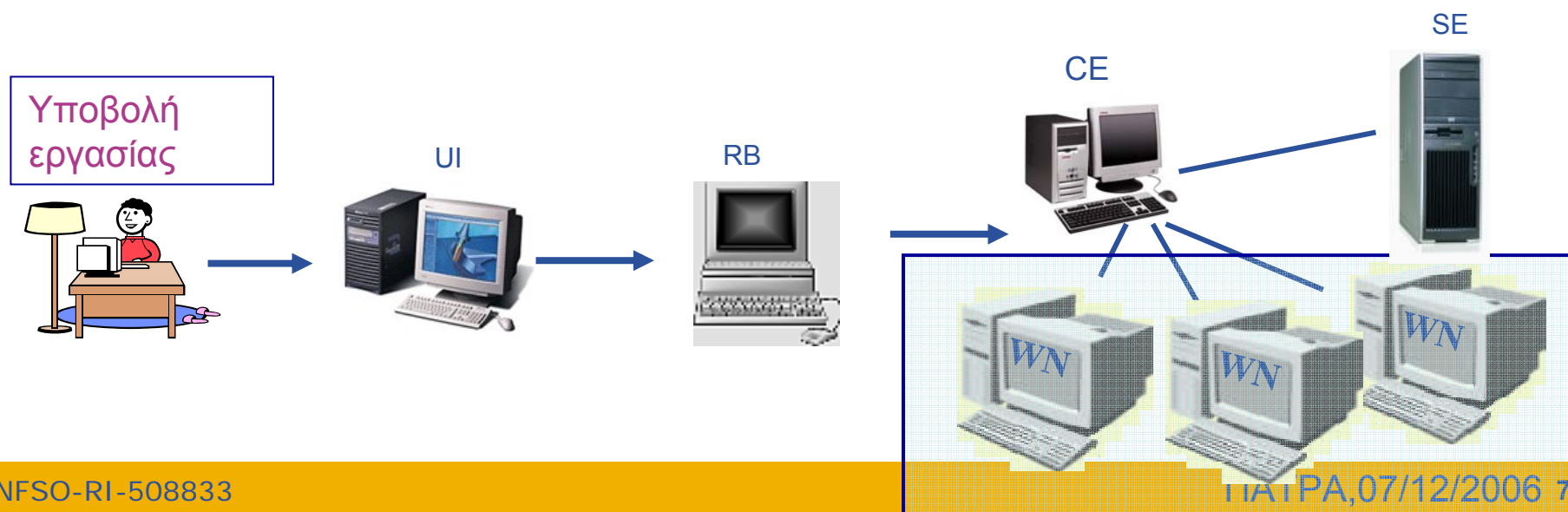
- Λαμβάνει τις εντολές χρηστών για την υποβολή μίας εργασίας
- Εξετάζει τους καταλόγους πληροφοριών για να βρει τους κατάλληλους υπολογιστικούς πόρους για την εκτέλεση της εργασίας



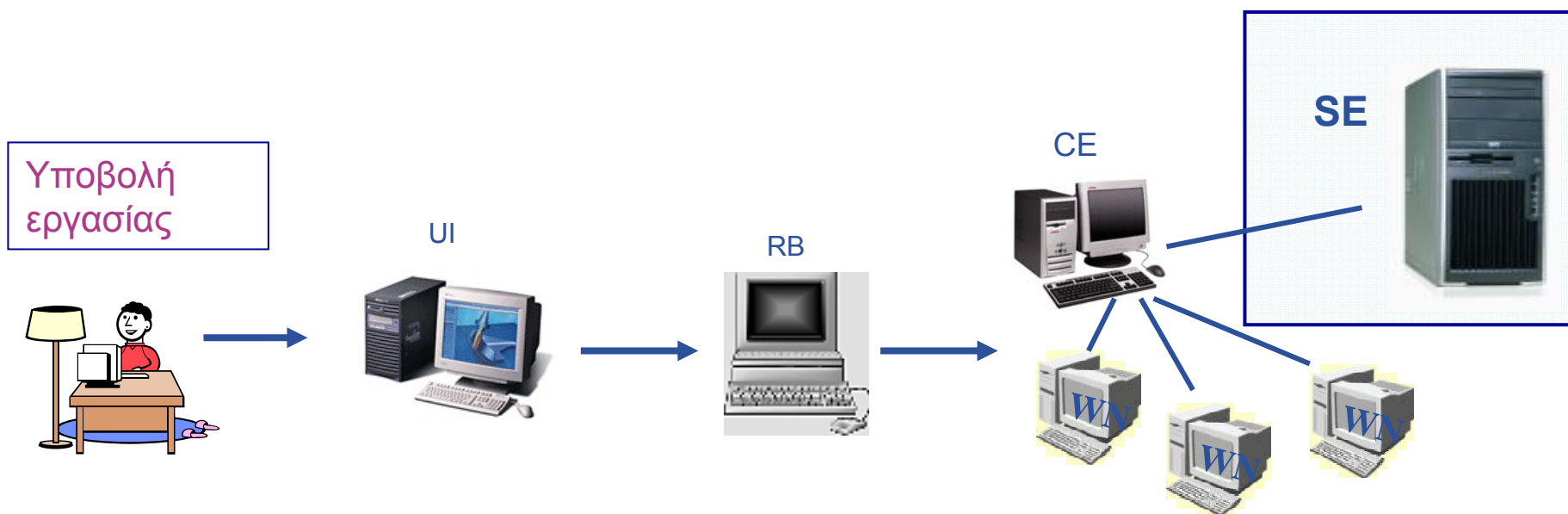
- “Grid interface”
- Διαχειρίζεται μία φάρμα ομογενών υπολογιστικών κόμβων τα οποία ονομάζονται **Worker Nodes**
- Εκτελεί τις βασικές συναρτήσεις των ουρών αναμονής
- Χρησιμοποιείται για την υποβολή των εργασιών για εκτέλεση στα **Worker nodes**
- Παρακολουθεί την κατάσταση εκτέλεσης μίας εργασίας



- Κόμβοι για να εκτελούν τις εργασίες
- Απαιτείται μόνο μικρό μέρος του middleware για να είναι συμβατά με την τεχνολογία grid
π.χ βιβλιοθήκες εφαρμογών
Application Programming Interfaces (API)
εντολές



- Πρόσβαση και υπηρεσίες σε αποθηκευτικούς χώρους (μπορεί να ελέγχει απλούς εξυπηρετητές δίσκων, συστάδες δίσκων ή συστήματα μαζικής αποθήκευσης (*Mass Storage Systems - MSS*))



- Παρέχει πληροφορίες σχετικά με τους υπολογιστικούς πόρους και την κατάσταση στην οποία βρίσκονται
 - ⇒ Αυτές οι πληροφορίες είναι απαραίτητες για τη λειτουργία μίας υποδομής πλέγματος!
- Οι πληροφορίες αυτές γνωστοποιούνται από υπηρεσίες που εκτελούνται στους ίδιους τους κόμβους και αποθηκεύονται σε βάσεις δεδομένων
- Χρησιμοποιούνται για την αντιστοίχιση των εργασιών με τους κόμβους που ικανοποιούν τις απαιτήσεις τους και για τη δρομολόγηση τους σε αυτούς
- Χρησιμοποιούνται για την επιλογή αποθηκευτικών πόρων και την εύρεση αντιγράφων
- Οι πληροφορίες που δημοσιεύονται χρησιμοποιούνται ακόμα για
 - ✓ “monitoring” σκοπούς ⇒ για την ανάλυση της χρησιμοποίησης της απόδοσης του Grid και χρησιμεύει για την ανίχνευση λαθών
 - ✓ “accounting” σκοπούς ⇒ για τη δημιουργία στατιστικών για τις εφαρμογές που εκτελούνται από τους χρήστες σε διάφορους πόρους

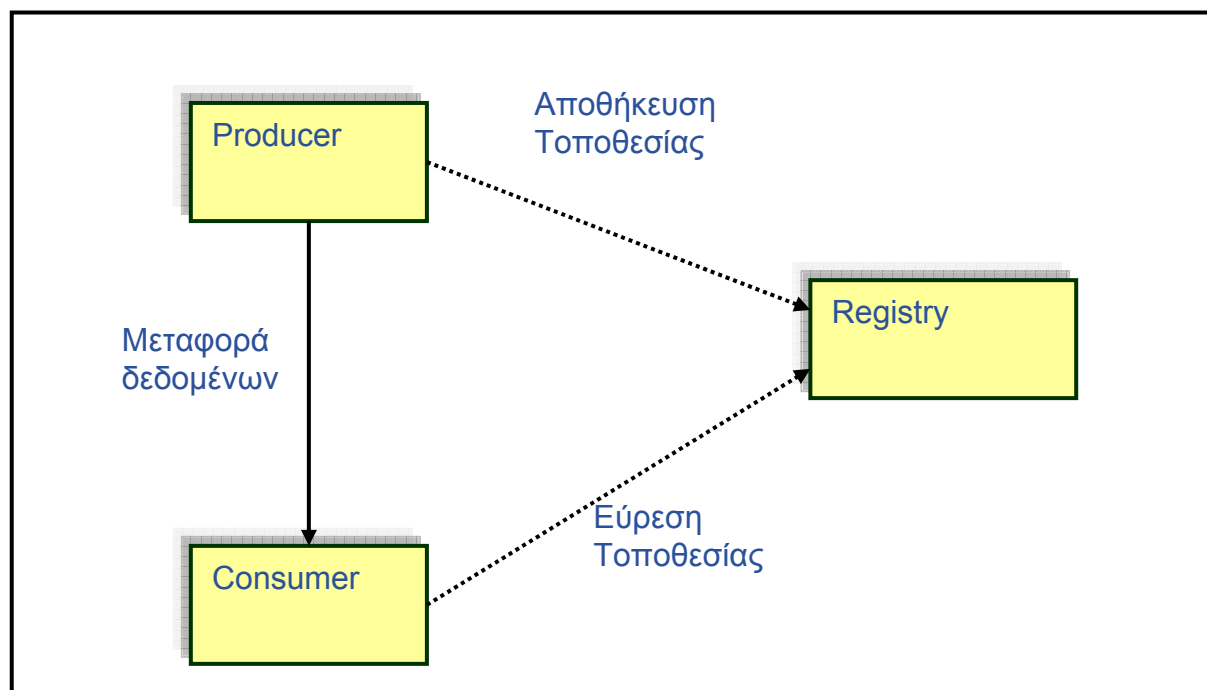
- **Σκοπός**

- συλλογή
- αποθήκευση
- απεικόνιση

πληροφοριών για την κατάσταση των υπολογιστικών πόρων

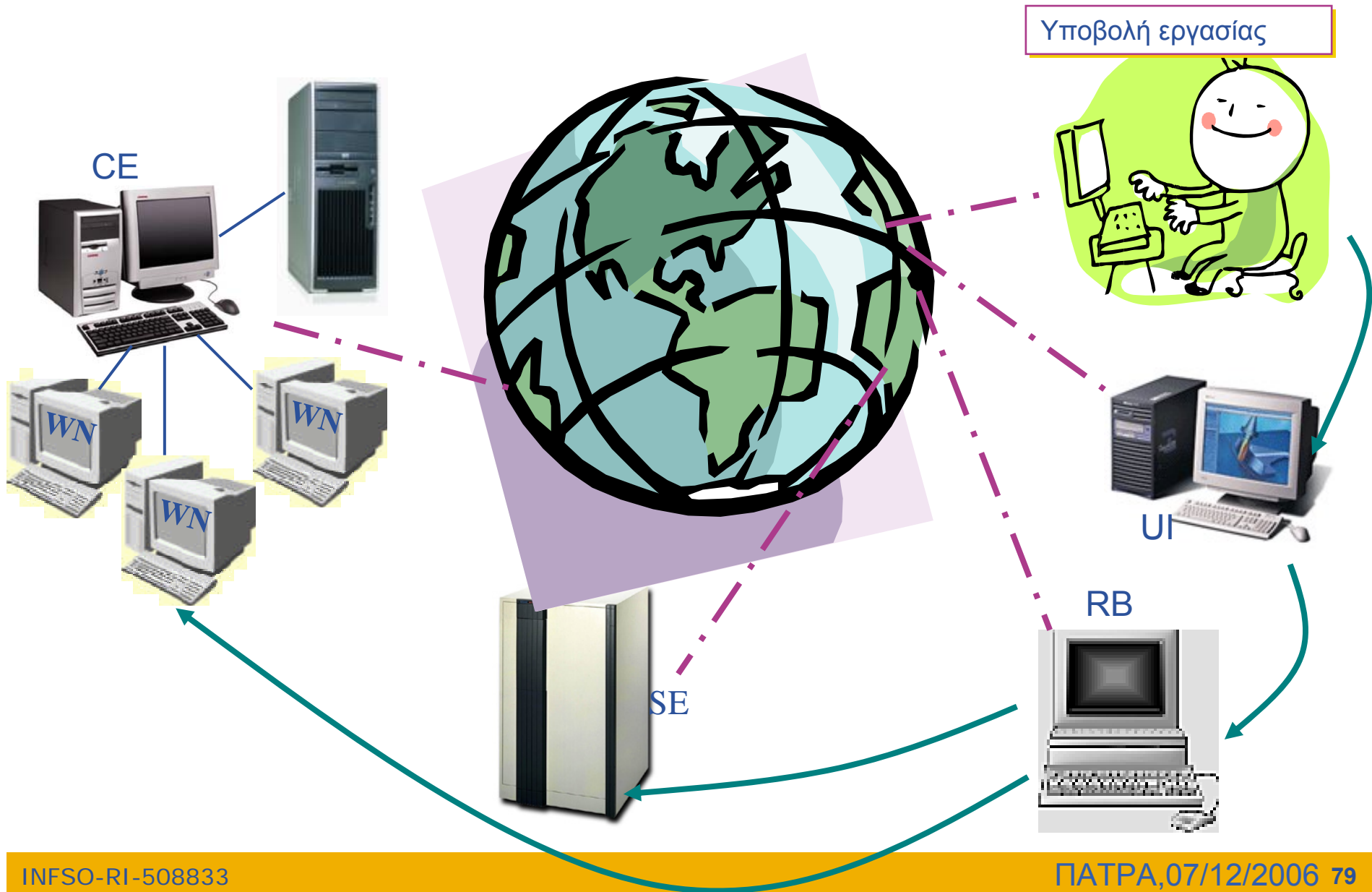
- ↳ Πληροφορίες χαμηλού επιπέδου όπως το φορτίο των υπολογιστικών μονάδων, διαθέσιμη μνήμη, χρήση αποθηκευτικών μέσων, κτλ
- ↳ Πληροφορίες για την κατάσταση των υπηρεσιών
- ↳ Πληροφορίες για το Grid, όπως τον αριθμό των υπολογιστικών μονάδων που χρησιμοποιούνται, τον αριθμό των εργασιών που εκτελούνται και τον αριθμό των εργασιών που αναμένουν να εκτελεστούν, τις ελεύθερες υπολογιστικές μονάδες και τον διαθέσιμο αποθηκευτικό χώρο, κτλ.

- Υπηρεσία για παρακολούθηση και διαχείριση πληροφοριών σε κατανεμημένα συστήματα
- Εμφανίζεται στους χρήστες σαν μία μεγάλη σχεσιακή βάση δεδομένων. Για την εκτέλεση ερωτήσεων χρησιμοποιείται η γλώσσα SQL



GridICE >> Site::ALL

General		Gris	Host	Job	Charts	Network	Computing Resources						Storage Resources		
Site	Region	GK#	Q#	RunJob	WaitJob	JobLoad	Power	WN#	CPU#	CPUload	Available	Total	%		
EENet	World	1	10	0	0	0%	0	5	10	0%	3.8 TB	3.8 TB	1%		
EFDA-JET	World	1	8	16	263	-	-	-	-	-	1.3 TB	1.5 TB	9%		
ELTE	CentralEu	1	5	0	1	-	-	-	-	-	502.4 GB	582.3 GB	14%		
ENEA-INFO	Italy	1	3	0	0	-	0	0	0	-	14.2 GB	18.2 GB	22%		
ESA-ESRIN	Italy	1	5	0	0	-	-	-	-	-	11.7 GB	16.9 GB	31%		
FMPHI-UNIBA	CentralEu	1	4	3	0	67%	0	6	6	54%	2.4 TB	2.7 TB	13%		
FZK-LCG2	Ger/Swi	1	35	1420	1358	-	-	-	-	-	72.6 TB	147.7 TB	51%		
GOG-Singapore	AsiaPacific	1	7	29	129	69%	0	21	42	100%	26.1 GB	59.6 GB	56%		
GR-01-AUTH	SEE	1	11	10	196	75%	0	8	12	67%	165.5 GB	217.6 GB	24%		
GR-03-HEPNTUA	SEE	1	11	28	29	97%	0	16	32	13%	22.3 GB	63.9 GB	65%		
GR-04-FORTH-ICS	SEE	1	10	4	164	100%	0	4	2	100%	1 GB	7.6 GB	87%		
GR-05-DEMOKRITOS	SEE	2	104	9	3	-	-	-	-	-	866.9 GB	875.8 GB	1%		
GR-06-IASA	SEE	1	15	12	240	78%	0	10	18	4%	168.5 GB	178.3 GB	5%		
GRIF	France	5	65	130	178	-	-	-	-	-	24.4 TB	36.5 TB	33%		
GSI-LCG2	Ger/Swi	3	9	0	0	-	-	-	-	-	64 GB	67.7 GB	6%		
GUP-JKU	CentralEu	1	5	2	2	54%	0	2	4	54%	20.5 GB	25.7 GB	24%		
HEPHY-UIBK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 TB	1.6 TB	8%		
HG-01-GRNET	SEE	1	19	26	524	67%	0	23	60	3%	2.9 TB	4.8 TB	9%		
HG-02-IASA	SEE	1	14	104	188	95%	0	59	114	79%	2.6 TB	2.7 TB	6%		
HG-03-AUTH	SEE	1	16	118	518	98%	0	60	120	100%	2.5 TB	2.7 TB	8%		
HG-04-CTI-CEID	SEE	1	15	119	157	100%	0	60	118	97%	2.3 TB	2.5 TB	6%		
HG-05-FORTH	SEE	1	15	116	112	100%	0	59	116	87%	2.5 TB	2.8 TB	11%		
HG-06-EKT	SEE	1	17	227	41	100%	0	113	224	100%	-	-	-		
HPC2N	NorthEu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	914.8 GB	934.9 GB	2%		
Hephy-Vienna	CentralEu	-	-	-	-	0%	0	21	42	0%	10.6 TB	-	-		
IEPSAS-Kosice	CentralEu	1	5	8	13	56%	0	15	16	0%	273.6 GB	1.2 TB	78%		
IFCA-LCG2	SWE	2	12	127	1129	100%	0	50	98	100%	6 TB	13.2 TB	56%		
IFIC-LCG2	SWE	1	10	109	4	100%	0	119	116	93%	1.8 PB	2.7 PB	33%		
IISAS-Bratislava	CentralEu	1	8	13	5	54%	0	25	25	4%	182.6 GB	336.2 GB	8%		
IL-BGU	SEE	1	2	0	0	0%	0	5	5	0%	153.3 GB	154.9 GB	1%		
IMCSUL	World	1	4	9	16	100%	0	9	8	100%	969.1 GB	1 TB	7%		
IMCSUL-INF	World	1	4	0	0	8%	0	3	12	0%	128.6 GB	128.9 GB	0%		
IN-DAE-VECC-01	AsiaPacific	1	3	23	0	92%	0	13	26	25%	3.4 TB	-	-		
IN2P3-CC	France	2	13	1562	180	-	-	-	-	-	1.2 PB	1.2 PB	0%		
IN2P3-CPPM	France	1	11	64	57	-	-	-	-	-	402.2 GB	1.6 TB	75%		
IN2P3-IRES	France	1	4	0	0	-	-	-	-	-	123.8 GB	139.9 GB	12%		
IN2P3-LAPP	France	1	4	2	16	-	-	-	-	-	928.5 GB	1.4 TB	33%		
IN2P3-LPC	France	3	24	381	505	-	-	-	-	-	3.3 TB	4.3 TB	24%		
IN2P3-SUBATECH	France	1	3	15	17	-	-	-	-	-	4.6 TB	4.7 TB	2%		



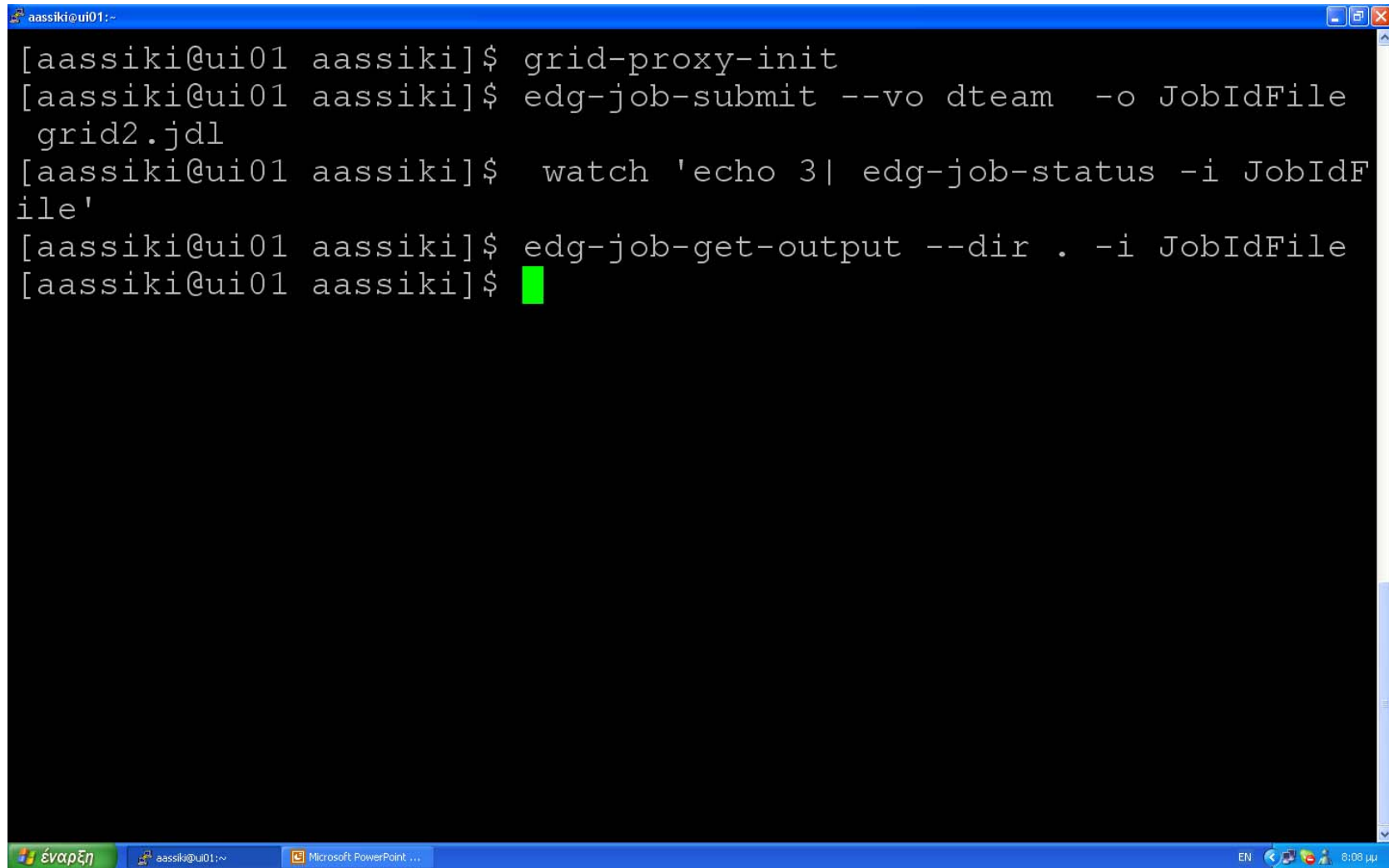
Εργασία εκτελέστηκε




```

aassiki@ui01:~$ grid-proxy-init
[aassiki@ui01 aassiki]$ edg-job-submit --vo dteam -o JobIdFile
grid2.jdl
[aassiki@ui01 aassiki]$ watch 'echo 3| edg-job-status -i JobIdFile'
[aassiki@ui01 aassiki]$ edg-job-get-output --dir . -i JobIdFile
[aassiki@ui01 aassiki]$ █

```





✓ **Grid café:**

<http://gridcafe.web.cern.ch/gridcafe>

✓ **Global Grid Forum:**

<http://www.gridforum.org/>

✓ **Gridtoday:**

<http://www.gridtoday.com/gridtoday.html>

✓ **Grid Computing**

http://en.wikipedia.org/wiki/Grid_computing

✓ **Distributed Computing**

http://en.wikipedia.org/wiki/Distributed_systems

✓ **Supercomputing**

<http://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputing>

✓ **LCG-2 User Guide**

http://egee.itep.ru/User_Guide.html

✓ **EGEE (Enabling Grids for E-science)**

<http://public.eu-egee.org/intro/>

- **EGEE**
<http://goc.grid.sinica.edu.tw/seegridwiki/>
- **EGEE – South East Europe**
<http://www.egee-see.org/>
- **SEE-GRID**
<http://www.see-grid.org/>
- **Hellas Grid Task Force**
<http://www.hellasgrid.gr/>
- **Grid Computing Info Centre (GRID Infoware)**
<http://www.gridcomputing.com/>
- **The Globus Alliance**
<http://www.globus.org/>
- **Worldwide LHC Computing Grid**
<http://goc.grid.sinica.edu.tw/seegridwiki/>

- **Global Grid Forum**
<http://www.ggf.org>
- **GRID today**
<http://www.gridtoday.com/gridtoday.html>
- **Grid Computing Planet**
<http://www.gridcomputingplanet.com/>
- **Enter the Grid Magazine**
<http://enterthegrid.com/>
- **Enterprise Grid Alliance**
<http://www.gridalliance.org/en/index.asp>
- **Grid Operations Centre**
<http://goc.grid-support.ac.uk/gridsite/gocmain/>
- **GOC Wiki**
<http://goc.grid.sinica.edu.tw/gocwiki/>
- **SEE-GRID Wiki**
<http://goc.grid.sinica.edu.tw/seegridwiki/>