

Συστήματα Παράλληλης & Κατανεμημένης Επεξεργασίας

Ενότητα 1: Εισαγωγή στην παράλληλη επεξεργασία.
Ιστορικά Στοιχεία. Νόμος του Moore. Οι μεγάλες
υπολογιστικές προκλήσεις.

Δρ. Μηνάς Δασυγένης

mdasyg@ieee.org

Εργαστήριο Ρομποτικής, Ενσωματωμένων και Ολοκληρωμένων
Συστημάτων

<http://arch.ece.uowm.gr/mdasyg>



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ψηφιακά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Σκοπός της Ενότητας

- Η κατανόηση των λόγων που οδήγησαν στην κυριαρχία των παράλληλων υπολογιστών.
- Η παράθεση ιστορικών στοιχείων.
- Η κατανόηση του σκοπού του μαθήματος.

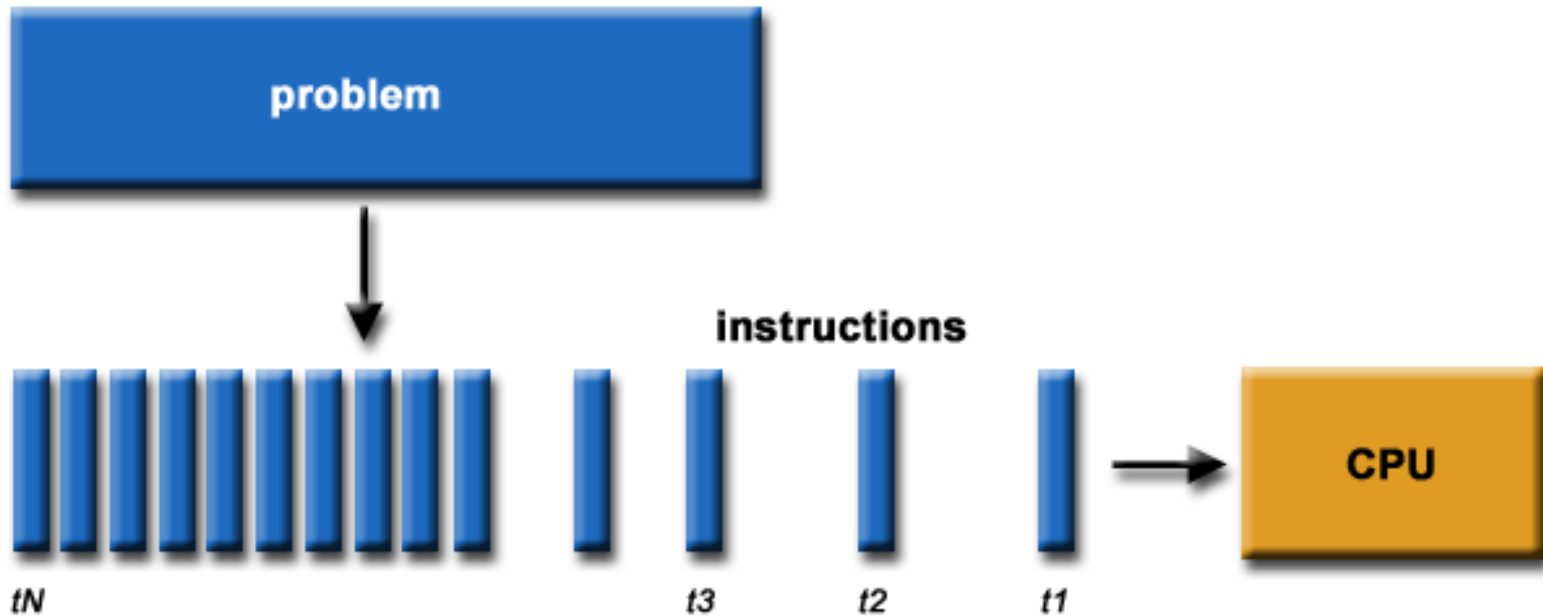


Στόχος

Στόχος του μαθήματος είναι
*“η υπέρβαση από τον ακολουθιακό
τρόπο σκέψης σε έναν τρόπο σκέψης
με όρους και συνθήκες
παραλληλίας”*



Η παραδοσιακή σειριακή εκτέλεση του αλγορίθμου



Αρχικά, το λογισμικό γράφονταν για σειριακή επεξεργασία

- Συγκεκριμένα, το λογισμικό προγραμματίζονταν με τις εξής παραδοχές:
 - Εκτέλεση σε **έναν** κεντρικό υπολογιστικό πυρήνα (central processing unit, cpu).
 - Ο αλγόριθμος αποτελείται από **διακεκριμένες** σειρές από εντολές (instructions).
 - Η εκτέλεση των εντολών είναι **σειριακή**.
 - Εκτελείται **μόνο μια** εντολή σε κάποια χρονική στιγμή.

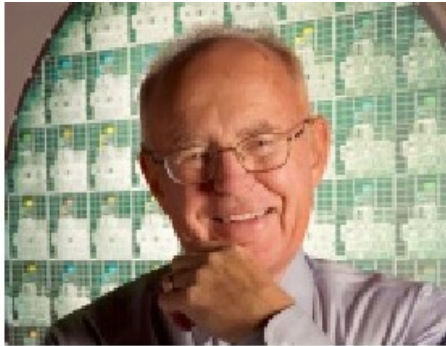


Ένας υπερ-υπολογιστής ή πολλαπλοί μικροί επεξεργαστές;

- Στις δεκαετίες του 70, 80, 90 πίστευαν ότι ήταν καλύτερο να χρησιμοποιηθεί ένας υπερ-υπολογιστής που να έχει πάρα πολύ δύναμη, παρά πολύ μικροί επεξεργαστές (όπως ο illiac).
- Ο Seymour Cray, ιδρυτής της εταιρίας CRAY SuperComputers, είχε πει:
*“If you were plowing a field, which would you rather use?
Two strong oxen or 1024 chickens?”*
-το μέλλον όμως έδειξε ότι ήταν καλύτερα ('έτρωγαν λιγότερο') τα “1024 κοτόπουλα, παρά τα 2 βόδια”.

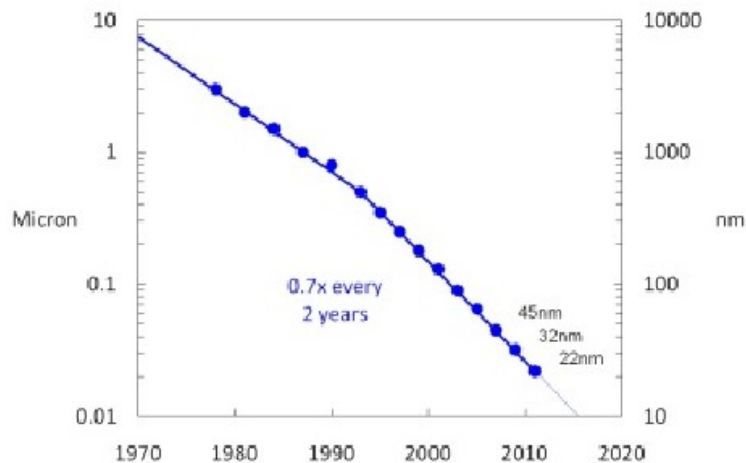


Ο νόμος του Moore επαληθεύεται ως και σήμερα (2010)

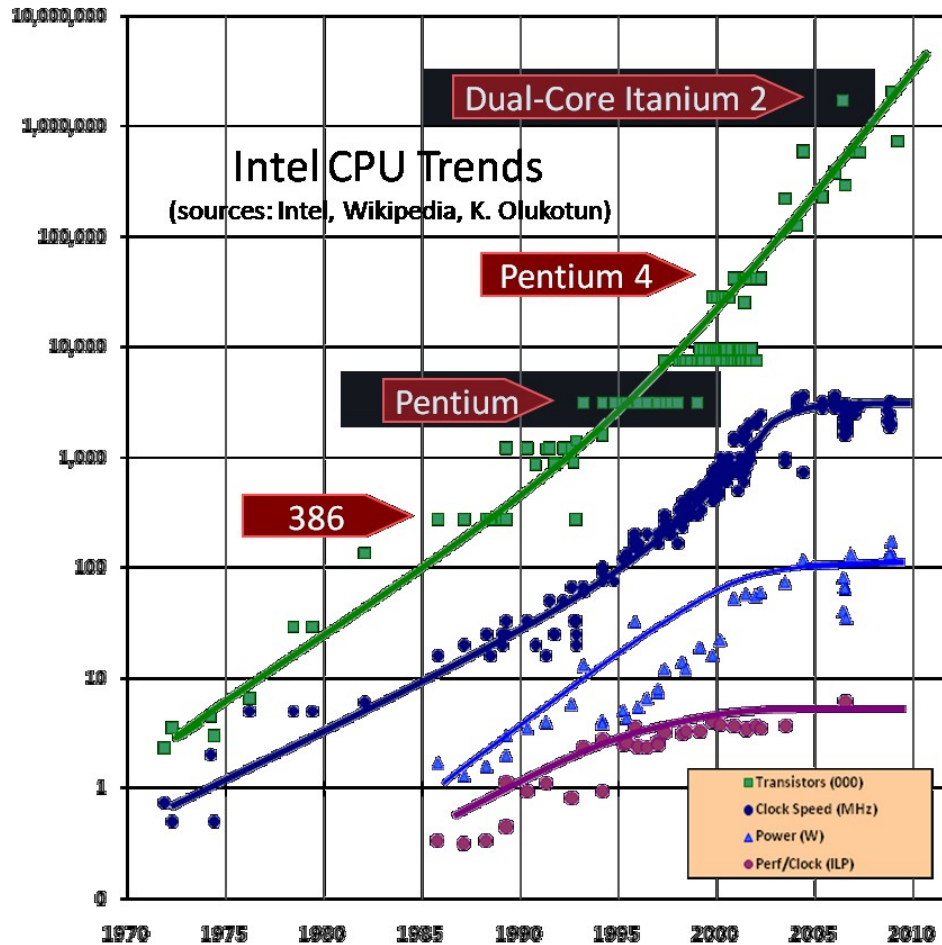


“the number of transistors on a chip will double about every two years”

- Η Intel αναφέρει ότι στο 2020 θα βρισκόμαστε στα όρια των ατόμων ή της επιτρεπόμενης πυκνότητας κατανάλωσης ισχύος της τεχνολογίας CMOS.
- Εξάλλου, το ελάχιστο μέγεθος των transistor θα έχει ως συνέπεια να εμφανίζονται κβαντομηχανικά φαινόμενα, όπως η αρχή της αβεβαιότητας του Heisenberg.



Ο νόμος του Moore ισχύει ακόμη σύμφωνα με την Intel



Νόμος του Moore και κατανάλωση ισχύος

- “Ακολουθώντας το νόμο του Moore, τα προβλήματα της διάχυσης θερμότητας μετατρέπουν τους υπολογιστές σε εξελιγμένα κλιματιστικά μηχανήματα”.

Tanenbaum 1999



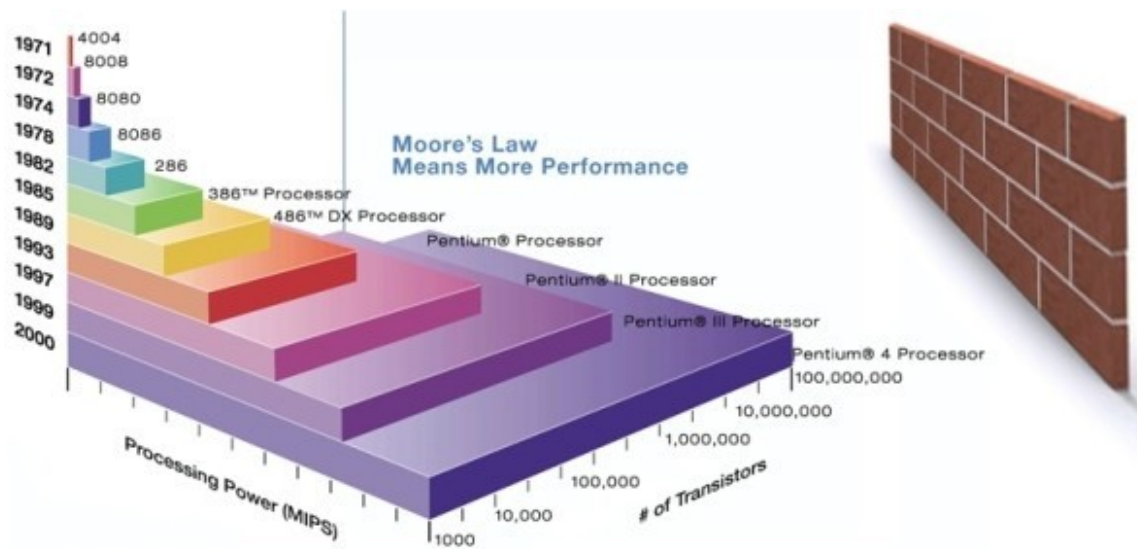
Μπορούμε να αυξήσουμε την ταχύτητα, αξίζει όμως;

- Οι επεξεργαστές είναι όπως τα εμπορικά πλοία:
 - Μπορούν να πάνε πιο γρήγορα αλλά απαιτούν πολύ περισσότερη ενέργεια για να το κάνουν.
- Μπορούμε να αυξήσουμε την ταχύτητα 4x,
 - Αλλά αξίζει να πληρώσουμε ενέργεια 16x;
- Για αυτό έχουν καθιερωθεί κάποιες βέλτιστες ταχύτητες:
 - Για τα εμπορικά πλοία: 20-25 κόμβοι.
 - Για τους επεξεργαστές: 2-3 Ghz.

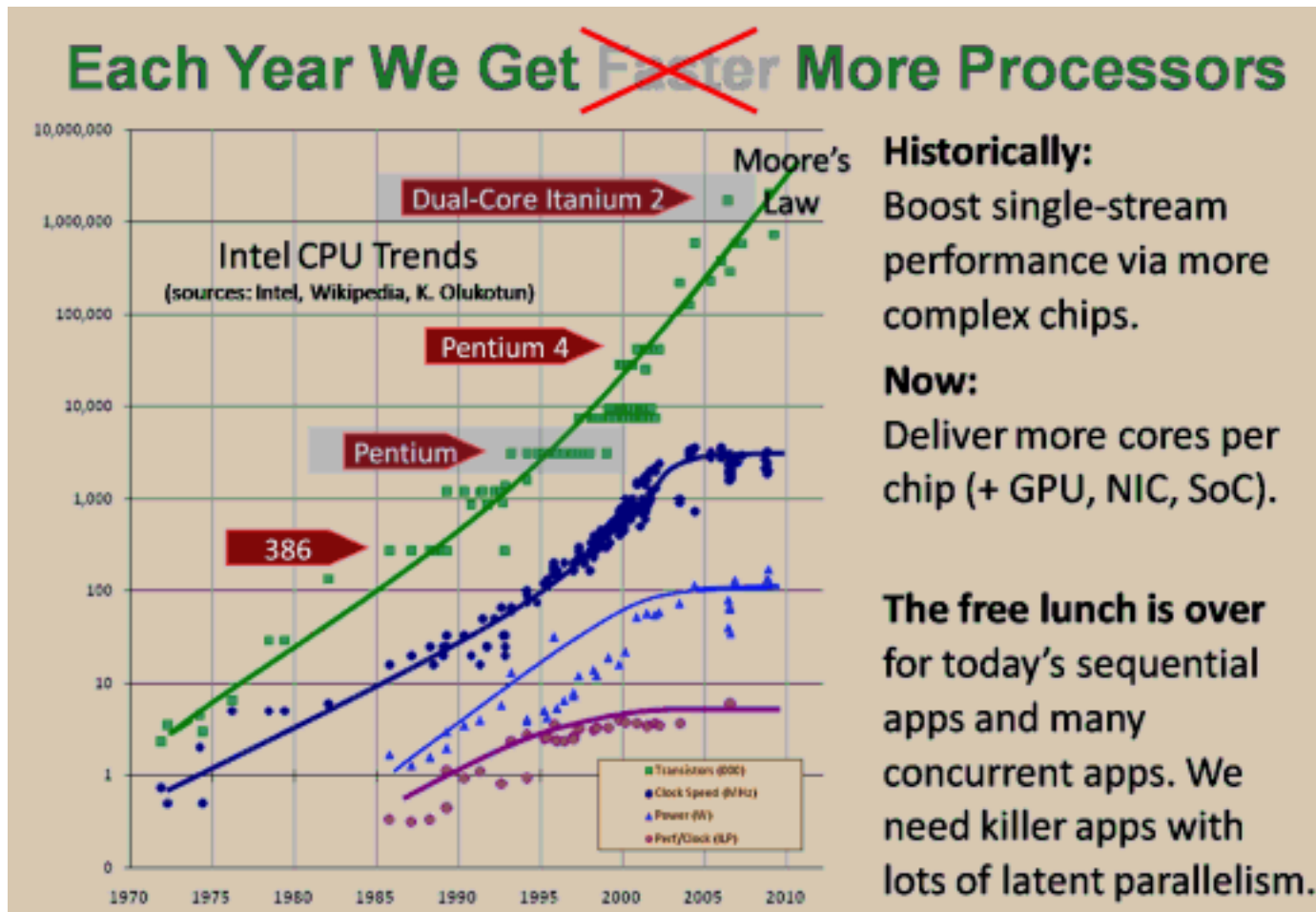


Η ηνίδια υποστηρίζει ότι ο νόμος του Moore δεν ισχύει

- “Είναι ανώφελο να προσπαθεί η Intel να επιβεβαιώνει το νεκρό νόμο του Moore. Η λύση είναι η παράλληλη επεξεργασία”.

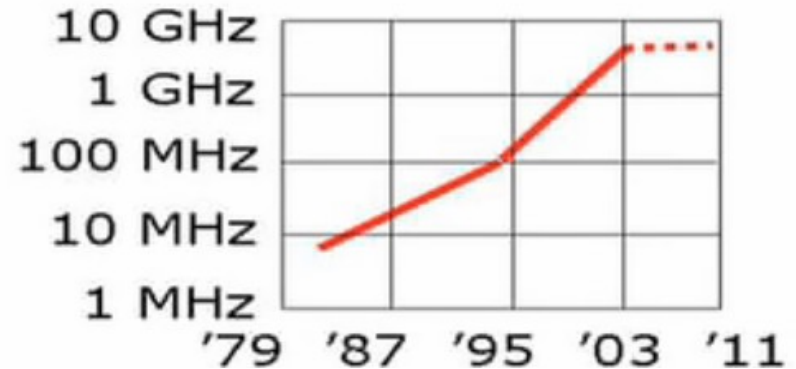


Τελικά ποια είναι η αλήθεια;



The free lunch is over

- Η συχνότητα του ρολογιού σταμάτησε να αυξάνεται.
- Ως τώρα, οι εφαρμογές χωρίς καθόλου βελτιστοποίηση, εκτελούνταν πιο γρήγορα λόγω της συνεχόμενης αύξησης του ρολογιού.
- Τώρα απαιτείται να βελτιστοποιηθεί η παραλληλία μιας εφαρμογής για να εκτελεστεί πιο γρήγορα.



Γιατί σταμάτησε η αύξηση της συχνότητας του ρολογιού;

- Αύξηση της συχνότητας του ρολογιού:
 - Αύξηση κατανάλωσης ισχύος.
 - Αύξηση θερμοκρασίας.
 - Μεγαλύτερη διαρροή ρεύματος στα τρανζίστορ.
 - Μεγαλύτερη ανάγκη για ψύξη.
 - Ιδιαίτερο πρόβλημα στις φορητές συσκευές.



Συμπέρασμα για το νόμο Moore

- Αύξηση του αριθμού του τρανζίστορ ==>
 - Περισσότεροι πυρήνες, όχι μεγαλύτερη ταχύτητα.

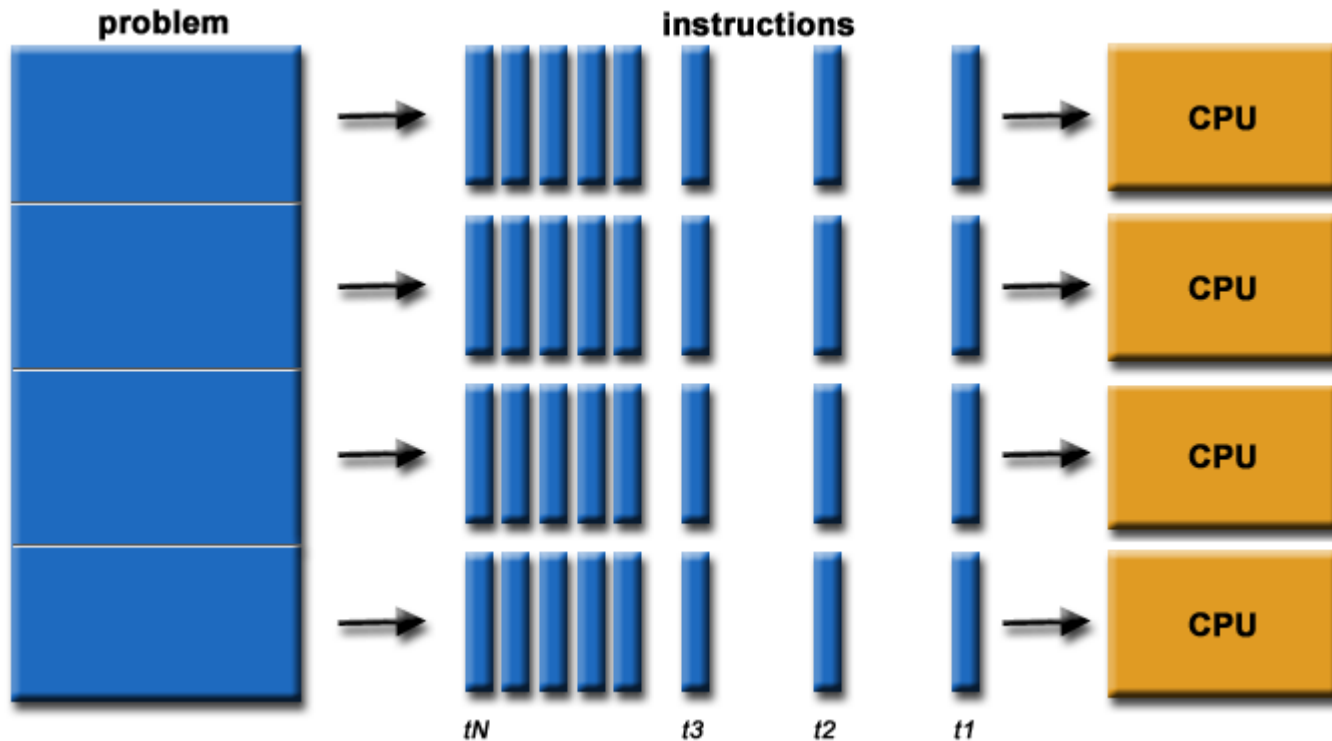


Η παράλληλη εκτέλεση του αλγορίθμου

- Με απλά λόγια η παράλληλη επεξεργασία είναι η ταυτόχρονη χρήση πολλαπλών υπολογιστικών πόρων για την επίλυση ενός συγκεκριμένου προβλήματος, με τις εξής παραδοχές:
 - Εκτέλεση σε πολλαπλούς επεξεργαστικούς πυρήνες.
 - Το πρόβλημα διαιρείται σε διακεκριμένα τμήματα τα οποία μπορούν να υπολογιστούν ταυτόχρονα.
 - Κάθε διακεκριμένο τμήμα αποτελείται από σειρές εντολών.
 - Οι εντολές από κάθε τμήμα εκτελούνται ταυτόχρονα σε διαφορετικές CPU.



Η παράλληλη επεξεργασία ενός προβλήματος



Πότε κερδίζουμε με την παράλληλη εκτέλεση;

- Αν το πρόβλημα είναι ακολουθιακό όσους επεξεργαστές και να τοποθετήσουμε δε θα κερδίσουμε τίποτα!
 - (π.χ. 9 μητέρες δε θα γεννήσουν το παιδί σε 1 μήνα, γιατί η γέννηση ενός μωρού είναι **ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΚΟ** θέμα.)
- Αν όμως το πρόβλημα έχει παραλληλία τότε θα κερδίσουμε, τόσο όσο ο βαθμός της παραλληλίας που υπάρχει.



Τι επιτυγχάνουμε με την παράλληλη επεξεργασία

- Πιο γρήγορη επίλυση προβλημάτων.
- Μείωση του χρόνου ολοκλήρωσης μιας εργασίας (turn-around time).
- Καλύτερη ανταπόκριση των διαλογικών εργασιών.
- Καλύτερα-ποιοτικά αποτελέσματα στον ίδιο χρόνο:
 - Αύξηση της ανάλυσης των μοντέλων.
 - Χρήση πιο εξειδικευμένων/λεπτομερών μοντέλων.



Τοποθεσία των CPU

- Οι πολλαπλοί επεξεργαστικοί πυρήνες μπορεί να βρίσκονται:
 - Στον ίδιο υπολογιστή.
 - Σε διαφορετικούς υπολογιστές οι οποίοι συνδέονται όμως με ένα δίκτυο διασύνδεσης.
 - Σε μια υβριδική κατάσταση (συνδυασμό των ανωτέρω).



Ορισμός της Παράλληλης Επεξεργασίας

(από encyclopedia.com)

parallel processing is the **concurrent** or **simultaneous** execution of two or more parts of a **single** computer program, at speeds far exceeding those of a conventional computer .



Χαρακτηριστικά των προβλημάτων παράλληλης επεξεργασίας

- Τα χαρακτηριστικά των προβλημάτων που συνήθως εκτελούνται παράλληλα είναι:
 - Το πρόβλημα μπορεί να διαιρεθεί σε τμήματα τα οποία μπορούν να επεξεργαστούν παράλληλα.
 - Κάθε χρονική στιγμή μπορούν να εκτελεστούν ταυτόχρονα πολλαπλές εντολές.
 - Τα προβλήματα επιλύονται σε μικρότερο χρόνο αν εκτελεστούν παράλληλα, παρά αν εκτελεστούν σε έναν επεξεργαστή.



Η παράλληλη επεξεργασία είναι μια εξέλιξη της σειριακής επεξεργασίας

Στο σύμπαν όλα είναι παράλληλα!

Δηλαδή, γίνονται παράλληλες ενέργειες που εντάσσονται μέσα στην ίδια ακολουθία.

(ακολουθούν παραδείγματα)



Παράλληλες λειτουργίες βρίσκονται παντού

- Σχηματισμοί γαλαξιών.
- Κινήσεις Πλανητών.
- Καιρικά φαινόμενα.
- Κυκλοφοριακό.
- Τεκτονικές Κινήσεις.
- Γραμμές παραγωγής εργοστασίων.
- Διόδια.



Που χρησιμοποιούνται τα συστήματα παράλληλης επεξεργασίας; (1/2)

- Αριθμητική προσομοίωση επιστημονικών εφαρμογών:
 - Κβαντοχημεία, Στατιστική Μηχανική, Σχετικιστική φυσ.
 - Κοσμολογία, αστροφυσική, δεδομένα από δορυφόρους.
 - Προσομοίωση ρευστών.
 - Σχεδιασμός υλικών.
 - Βιολογία φαρμακολογία, γενετική μηχανική.
 - Ιατρική.
 - Καιρός της υδρογείου και περιβαλλοντική προτυποποίηση.
 - Προσομοίωση Σεισμών.



Που χρησιμοποιούνται τα συστήματα παράλληλης επεξεργασίας; (2/2)

- Στρατιωτικές Εφαρμογές:
 - SDS (strategic defense system) “..real-time simulations are being run that track and correlate more than 10,000 simulated warheads and decoys at once”.
 - RoadRunner, για την προσομοίωση των πυρηνικών.
- Εμπορικές Εφαρμογές:
 - Ψηφιακά Ειδικά Εφέ σε ταινίες.
 - Αναζήτηση φυσικών πόρων.
 - Οικονομικές αναλύσεις, τράπεζες.
 - Διαχείριση πολυεθνικών, Ηλεκτρονικό Εμπόριο.
 - Μηχανές Αναζήτησης.
 - Παιχνίδια.



Αριθμητική προσομοίωση σε ταινίες: 'Pixar's UP, 2009'

- Πολυπλοκότητα N^2 .
- Αδύνατη η κλασική απεικόνιση.
- Χρησιμοποιήθηκε προσομοίωση με τους Νόμους του Νεύτωνα.
- Απαιτήθηκε παράλληλος Προγραμματισμός.
- Διάρκεια έργου 1 έτος.



Η PIXAR, εταιρία κατασκευής εντυπωσιακών ταινιών κινουμένων σχεδίων, χρησιμοποιεί ένα πολύ δυνατό σύστημα παράλληλης επεξεργασίας για την ρεαλιστική προσομοίωση κινήσεων. Στην ταινία 'UP' το πιο δύσκολο κομμάτι ήταν η προσομοίωση 10.000 μπαλονιών με ήλιο που το καθένα είχε το δικό του σχοινί, αλλά όλα ήταν συνδεδεμένα για την ανύψωση ενός σπιτιού.

.....ασφαλώς η χειροποίητη ψηφιακή απεικόνιση ήταν αδύνατη!!!



Γιατί πλεονεκτεί η παράλληλη επεξεργασία;

- **Μείωση κόστους/χρόνου εκτέλεσης:**
 - Όσο πιο πολλοί υπολογιστικοί πόροι είναι διαθέσιμοι, αναμένεται να μειωθεί ο χρόνος επεξεργασίας και ίσως το συνολικό κόστος του έργου.
- **Αντιμετώπιση μεγάλων προβλημάτων:**
 - Υπάρχουν προβλήματα που είναι τόσο δύσκολο και πολύπλοκο να αντιμετωπιστούν που δε θα μπορούσαν ποτέ να ανατεθούν σε ένα μόνο υπολογιστή (επόμενη διαφάνεια: Οι μεγάλες σύγχρονες προκλήσεις).
- **Παροχή ταυτόχρονων υπηρεσιών:**
 - Πολλοί χρήστες που απαιτούν ταυτόχρονη πρόσβαση σε κοινές υπηρεσίες και άμεση ανταπόκριση από το σύστημα.



Οι μεγάλες σύγχρονες προκλήσεις (wikipedia)

Ορίστηκαν από την κυβέρνηση των ΗΠΑ (1980):

"A grand challenge is a fundamental problem in science or engineering, with broad applications, whose solution would be enabled by the application of high performance computing resources that could become available in the near future."

1. Computational fluid dynamics.
2. Electronic structure calculations for the design of new materials.
3. Plasma dynamics for fusion energy technology and for safe and efficient military technology.
4. Calculations to understand the fundamental nature of matter, including quantum chromodynamics and condensed matter theory.
5. Symbolic computations including.



Η σειριακή επεξεργασία είναι παρελθόν!

- Η μεγάλη ανάπτυξη στους σειριακούς υπολογιστές είναι πια παρελθόν για τους εξής λόγους:
 - Η ταχύτητα εξαρτάται από το πόσο γρήγορα μετακινούνται ηλεκτρόνια μέσα από τους διαύλους, η οποία έχει φτάσει στα όριά της.
 - Η βελτίωση των επεξεργαστών μέσω μείωσης της τεχνολογίας δε είναι δυνατή πια γιατί έχει φτάσει σε ελάχιστα επίπεδα (Intel 32nm @2010).
 - Είναι πολύ πιο οικονομικό να κατασκευάσεις ένα σύστημα με πολλούς επεξεργαστές, παρά ένα σύστημα μονού επεξεργαστή για την ίδια απόδοση και κατανάλωση ισχύος.



Η παράλληλη επεξεργασία υπήρχε και στους σειριακούς επεξεργαστές

- Πολλαπλές μονάδες εκτέλεσης πράξεων.
- Διασωληνωμένες Εντολές.
- Hyper-threading και άλλες τεχνολογίες για την επίτευξη ψευδο-παραλληλίας.



Επιτυχία της παραλληλοποίησης

- Κατανόηση του τμήματος που μπορεί να είναι αποτελεσματικός ο παραλληλισμός.
- Γνώση της σχεδίασης και υλοποίησης καλών + παράλληλων υλοποιήσεων.
- Διαίρεση του προβλήματος σε υπο-προβλήματα και παράλληλη εκτέλεση αυτών.



Ιστορικά στοιχεία παράλληλης επεξεργασίας



Ιστορικά Στοιχεία

- Η έννοια της παραλληλίας εκφράστηκε αρχικά από τον Ευκλείδη:
 - Είναι δυνατόν γεγονότα να συμβαίνουν στον ίδιο χώρο το ένα μετά το άλλο μέσα στο χρόνο ή,
 - Είναι δυνατόν τα γεγονότα να συμβαίνουν στον ίδιο χρόνο μέσα σε διαφορετικούς χώρους.
- Η παράλληλη επεξεργασία διατυπώθηκε σε επιστημονική δημοσίευση το 1840 από τον Charles Babbage “...δυνατότητα παραγωγής αρκετών αποτελεσμάτων ταυτόχρονα...”



Οι πρώτοι παράλληλοι υπολογιστές

- (a) solomon, (b) Illiac IV (κατασκευάστηκε 1965-1976).



- 256 διανυσματικούς επεξεργαστές.
- 10 χρόνια κατασκευή (όταν ολοκληρώθηκε είχε σχεδόν ξεπεραστεί).
- Αρχική εκτίμηση \$8 εκατομμύρια- Τελικό κόστος \$31.
- Η πιο γρήγορη παράλληλη μηχανή έως το 1981.

Επόμενες δεκαετίες

- c.mmp.
- 16 επεξεργαστές PDP-11, τοπική μνήμη 8K, 25 bit διευθύνσεις.
- Η απόδοση αυξήθηκε ταχύτερα με βασικές αρχιτεκτονικές προόδους:
 - Κρυφή μνήμη, bit-παράλληλη μνήμη, δίαυλοι, διαφυλλωμένη μνήμη, διασωλήνωση, πολλαπλές λειτουργικές μονάδες.



Χρειαζόμαστε λοιπόν τρόπους και
τεχνικές να αυξήσουμε την υπολογιστική ισχύ

Υπάρχει μια **διαρκής ανάγκη** συνεχώς αυξανόμενων
υπολογιστικών απαιτήσεων,

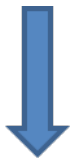
ή

η υπολογιστική ισχύ ποτέ δεν είναι αρκετή για
συγκεκριμένους χρήστες.



Πρέπει να καλυφθούν οι υψηλές υπολογιστικές απαιτήσεις

- Δε μπορούμε να κατασκευάσουμε έναν υπολογιστή με μια CPU με χρόνο κύκλου εκτέλεσης 0,001 nsec.
- Όμως,
 - Μπορούμε να κατασκευάσουμε έναν υπολογιστή με 1000 CPU, κάθε μια με χρόνο κύκλου 1 nsec.



- **ίδιες** επιδόσεις!



Η αύξηση των επιδόσεων σε ακολουθιακά συστήματα

- Instruction Prefetching
- Instruction reordering
- Pipelined functional units
- Branch prediction
- Functional unit allocation
- Superscalar
- Hyperthreading

=> Όλα αυτά απαιτούν περισσότερο και πιο πολύπλοκο υλικό (τρανζίστορ). Οι τεχνικές αυτές έχουν φτάσει στο όριο τους.



Καλύτερα αποτελέσματα

- Αν έχουμε μικρότερη ταχύτητα και πολυπλοκότητα αλλά με πολλούς πυρήνες.

Potential performance = core speed × # of cores

Strategy:

Limit core speed and sophistication

Put multiple cores on a single chip



Όμως η χρήση της παράλληλης επεξεργασίας δεν είναι εύκολη

- “The free lunch is over”.
- Υπάρχουν αρκετά προβλήματα που πρέπει να λυθούν για να υπάρχει αύξηση των επιδόσεων:
 - Προβλήματα επικοινωνίας και συγχρονισμού (δίκτυα διασύνδεσης).
 - Στον έλεγχο των ταυτόχρονων αναφορών στην κοινή μνήμη, ή στις συσκευές E/E (συνάφεια μνήμης).
 - Στον τρόπο ανάθεσης των προγραμμάτων στις μονάδες επεξεργασίας (cpu allocation).
 - Στον τρόπο περιγραφής των παράλληλων προγραμμάτων.
 - Στη διαδικασία ανάπτυξης και συντήρησης λογισμικού για παράλληλους υπολογιστές (τεχνικές σχεδιασμού παράλληλων αλγορίθμων).



Και τα προβλήματα συνεχίζουν

- Προβλήματα διαχείρισης μνήμης (**memory allocation, memory placement**).
- Τοπολογία του δικτύου διασύνδεσης (**Interconnection Network**).
- Θέματα ανοχής σε σφάλματα (**fault tolerance**).



Το μεγαλύτερο πρόβλημα στην παράλληλη επεξεργασία είναι το λογισμικό

- Το μεγαλύτερο πρόβλημα στη βέλτιστη και αποδοτική χρήση της παράλληλης επεξεργασίας είναι το ίδιο το **λογισμικό (Παραλληλοποίηση εφαρμογής)**.
- Αν το λογισμικό δεν έχει δημιουργηθεί στοχεύοντας την παράλληλη επεξεργασία, τότε οι επιδόσεις του συστήματος που το εκτελεί θα είναι ίδιες (ή και χειρότερες) είτε υπάρχει ένας κόμβος επεξεργασίας είτε 10000.
- Ενώ κάποια λογισμικά (π.χ. Google search) έχουν ένα φυσικό παραλληλισμό, τα περισσότερα το στερούνται.



Επίπεδα της παράλληλης επεξεργασίας (1/2)

- Η παράλληλη επεξεργασία μπορεί να γίνει σε διάφορα επίπεδα:
 - Επίπεδο εργασίας (Job level):
 - Μεταξύ εργασιών.
 - Μεταξύ των φάσεων μιας εργασίας.
 - Επίπεδο προγράμματος (program level):
 - Μεταξύ τμημάτων.
 - Εντός βρόχων επανάληψης.
 - Επίπεδο εντολής (instruction level):
 - Μεταξύ των φάσεων εκτέλεσης μιας εντολής.
 - Επίπεδο Αριθμητικής και Δυαδικού Ψηφίου:
 - Μεταξύ στοιχείων μιας διανυσματικής πράξης.
 - Εντός των λογικών κυκλωμάτων.



Επίπεδα της παράλληλης επεξεργασίας (2/2)

- Τα επίπεδα διαφέρουν στο:
 - **Μέγεθος Μονάδας Διαιρετότητας.**
 - Υπάρχουν οι εξής κατηγορίες:
 - Μεγάλη μονάδα διαιρετότητας (**coarse grain**).
 - Μικρή μονάδα διαιρετότητας (**fine grain**).
 - Ενδιάμεσες καταστάσεις (**hybrid**).



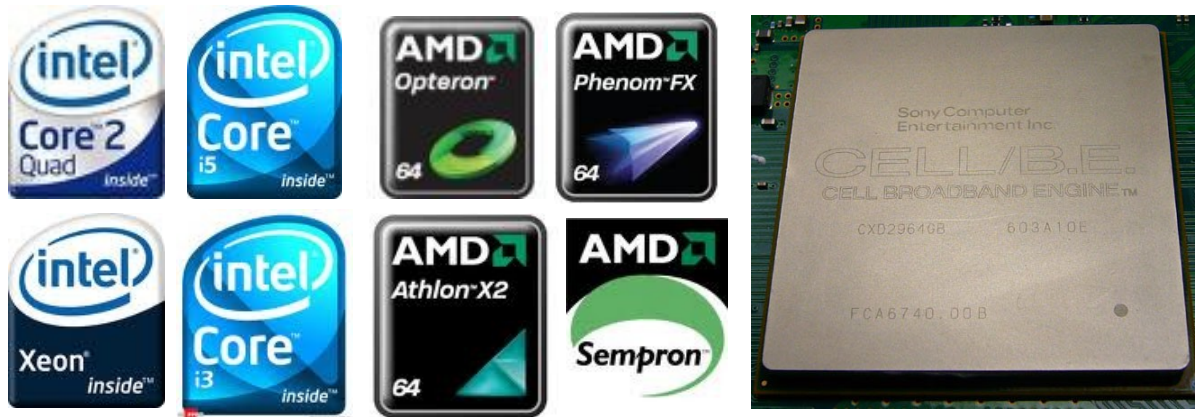
Επίπεδα της παράλληλης επεξεργασίας και επικοινωνία

- Η διαιρετότητα συνδέεται με το ποσό της επικοινωνίας ανάμεσα στους επεξεργαστικούς κόμβους. Υπάρχουν:
 - **Ασθενής σύζευξης** παράλληλα συστήματα (loosely coupled).
 - **Ισχυρής σύζευξης** παράλληλα συστήματα (tightly coupled).
- Συνήθως ισχύει:
 - Ασθενής σύζευξη => κατανεμημένα συστήματα.
 - Ισχυρής σύζευξη => παράλληλα συστήματα.



Οι υποδομές των παράλληλων επεξεργαστών σπίτι μας

- Intel, AMD, IBM cell:



- Nvidia CUDA:



Υπερ-υπολογιστικά κέντρα (06/2010)

- aguar-XT5 partition (USA)
(19000 nodes, cores@2,6G,
16GB ram/node,
300TB memory).
- Nebulae (china)
120640 cores.
- Roadrunner (USA,
Mexico)
122400 cores.

- 1 Jaguar - Cray XT5-HE
Opteron Six Core 2.6 GHz
- 2 Nebulae - Dawning TC3600
Blade, Intel X5650, NVidia
Tesla C2050 GPU
- 3 Roadrunner - BladeCenter
QS22/LS21 Cluster,
PowerXCell 8i 3.2 Ghz /
Opteron DC 1.8 GHz,
Voltaire Infiniband
- 4 Kraken XT5 - Cray XT5-HE
Opteron Six Core 2.6 GHz
- 5 JUGENE - Blue Gene/P
Solution



Που βρίσκεται η χώρα μας σε αυτή τη λίστα;

- Στην Ελλάδα έχουμε ένα υπερ-υπολογιστικό κέντρο, με την ονομασία A.R.I.S. (<https://hpc.grnet.gr/>)
- Έχει δημιουργηθεί (2010) το HellasHPC (Hellas High Performance Computation) από εταιρίες και πανεπιστήμια, το οποίο έχει πολλούς στόχους σχετικά με το HPC.
- Περισσότερα: <http://www.hellashpc.gr>
- Η χώρα μας έχει ένα δημόσιο υπερ-υπολογιστή με το όνομα ARIS.
- Το 2015 (όταν είχε παρουσιαστεί για πρώτη φορά) ήταν στη θέση 468 / 500 (επόμενη διαφάνεια)



ARIS @ TOP 500

top500.org/system/178545/

Home »Greek Research and Technology Network »ARIS - IBM NeXtScale nx360M5, Intel Xeon E5-2680v2 ...

ARIS - IBM NEXTSCALE NX360M5, INTEL XEON E5-2680V2 10C 2.8GHZ, INFINIBAND FDR14

Site:	Greek Research and Technology Network
Manufacturer:	IBM
Cores:	8,520
Memory:	27,264 GB
Processor:	Intel Xeon E5-2680v2 10C 2.8GHz
Interconnect:	Infiniband FDR14

Performance

Linpack Performance (Rmax)	169.727 TFlop/s
Theoretical Peak (Rpeak)	190.848 TFlop/s
Nmax	1,721,440

Power Consumption

Power:	154.00 kW (Submitted)
---------------	-----------------------

Software

Operating System:	Linux
--------------------------	-------

RANKING

List	Rank	System	Vendor	Total Cores	Rmax (TFlops)	Rpeak (TFlops)	Power (kW)
06/2015	468	IBM NeXtScale nx360M5, Intel Xeon E5-	IBM	8,520	169.7	190.8	154.00

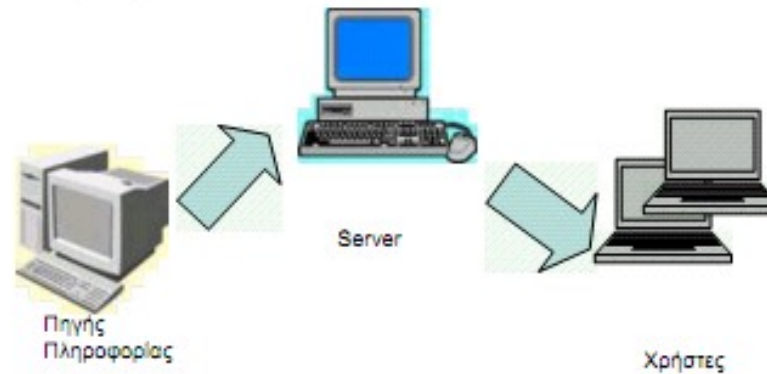
Εκτός από το HellasHPC υπάρχει και το PRACE

- P.R.A.C.E. (Partnership for Advanced Computing in Europe), που αφορά ερευνητές από χώρες της Ευρώπης.
- Κατά διαστήματα υπάρχουν ανοιχτές προτάσεις για στοχευμένη έρευνα.
- Υπάρχουν ανοιχτές προσκλήσεις για προτάσεις για τη χρήση του IBM BlueGene/P – JUGENE (Γερμανία).
- Οι προτάσεις που επιλέγονται έχουν ένα συγκεκριμένο ποσό χρόνου χρήσης του υπερ-υπολογιστικού συστήματος.



Παράλληλη επεξεργασία και υπολογιστική πλέγματος

- 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 κατανεμημένα σε όλον τον κόσμο.



Grid Computing

(υπολογιστική πλέγματος)

- Ένα σύστημα από ανόμοιους και γεωγραφικά κατανεμημένους αυτόνομους υπολογιστές το οποίο όμως εμφανίζεται στον τελικό χρήστη σαν ένα ολοκληρωμένο υπολογιστικό σύστημα.
- Στόχος: Η κοινή χρήση των υπολογιστικών πόρων με χρήση ενδιάμεσου λογισμικού (middleware).
- Επιτρέπει την συνεργασία εργαστηρίων υπολογιστών (Πανεπιστήμια, εταιρίες) για παροχή υπηρεσιών, όπως:
 - Επεξεργαστική ισχύ.
 - Αποθηκευτικό χώρο.



Κατανεμημένα vs Παράλληλα

- **Ομοιότητα:**
 - Πολλαπλοί επεξεργαστικοί πυρήνες που επικοινωνούν μεταξύ τους για την επίλυση ενός προβλήματος.
- **Διαφορά:**
 - Οι παράλληλοι επεξεργαστικοί πυρήνες βρίσκονται στον ίδιο χώρο, ενώ οι κατανεμημένοι επεξεργαστικοί πυρήνες, βρίσκονται σε μεγάλες αποστάσεις (ίσως και σε άλλη ήπειρο).



Μνήμη σε κατανεμημένα / παράλληλα

- Μνήμη σε παράλληλα συστήματα:
 - Σχεδόν ίδιους χρόνους πρόσβασης από κάθε πυρήνα.
 - Ευκολία στο συγχρονισμό μέσω κοινής μνήμης.
 - Επιβάρυνση, λόγω κορεσμού διαύλου κοινής μνήμης.
- Μνήμη σε κατανεμημένα συστήματα:
 - Δυσκολία στο συγχρονισμό (απαιτείται ανταλλαγή μηνυμάτων).
 - Αύξηση του όγκου των δεδομένων που μπορούν να προσπελαστούν σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (λόγω πολλαπλών διαφορετικών μνημών που μοιράζονται από πολύ λιγότερους επεξεργαστές).
 - Μείωση του χρόνου πρόσβασης, αφού δε χρειάζεται πια διαιτησία.



Είχαμε κάποτε το HellasGrid

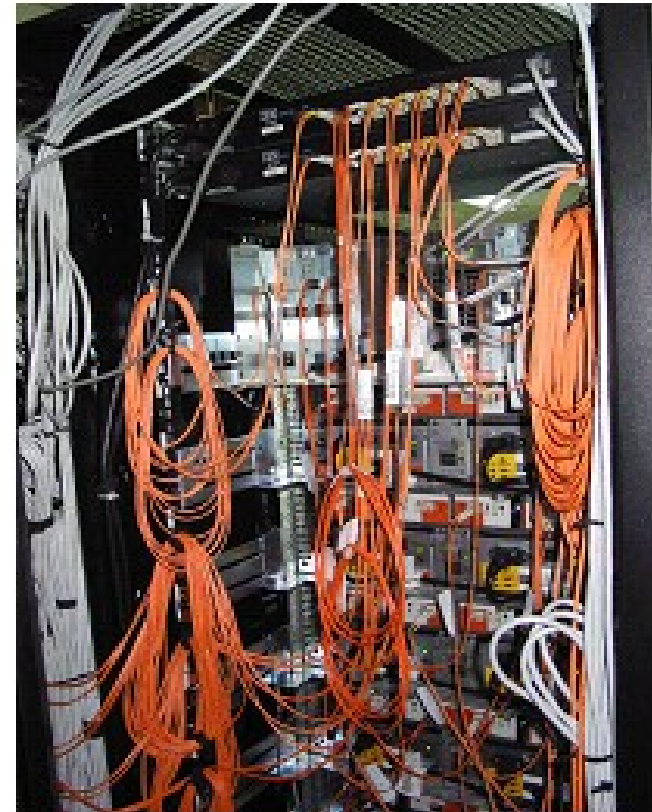
- @ Δημόκριτος.
- 32 Dual cpu nodes.
- 10TB NAS Fibre.
- 10TB Tape Library.
- Συνολικά:
 - 768 nodes.
 - 30TB Storage.
 - 60TB Tape Library.

<https://access.hellasgrid.gr/>



HellasGrid

Υποδομή HellasGrid - Isabella



Η έννοια του grid computing δημιουργήθηκε στο CERN

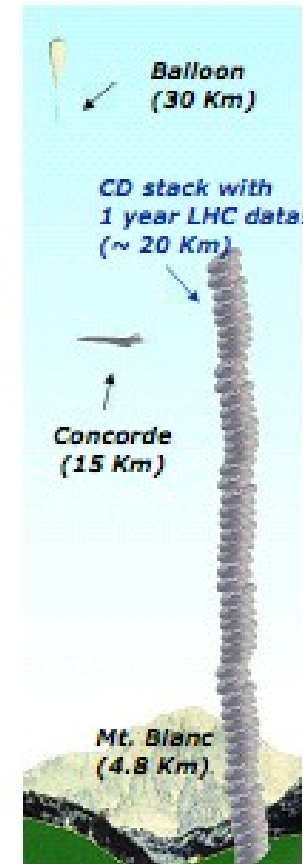
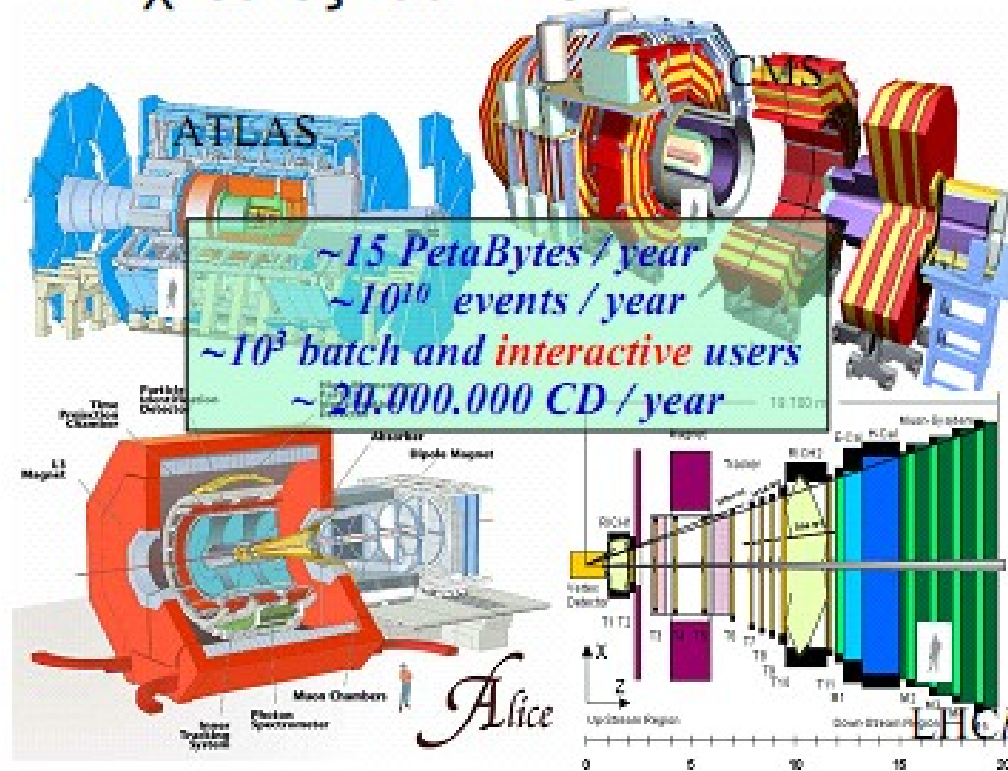
- Large Hadron Collider:
 - Πείραμα με συγκρούσεις πρωτονίων.
 - Ανίχνευση του Higgs μποζονίου.
 - Τα δεδομένα που δημιουργούνται είναι 15 Petabyte το χρόνο.
 - Ανάγκη για επεξεργασία αυτών των δεδομένων.

- Ας οπτικοποιήσουμε όμως τα 15 Petabyte...



Ανιχνευτές του LHC

- Παραγωγή δεδομένων από τους Ανιχνευτές του LHC



Δημιουργήθηκε λοιπόν το EGEE

Enabling Grids for E-Science (EGEE)

- Αναπτυξιακό έργο της Ευρωπαϊκής Ένωσης με σκοπό την δημιουργία πλέγματος (Grid) στην Ευρώπη
- Η υποδομή αυτή είναι διαθέσιμη στην επιστημονική κοινότητα 24 ώρες την ημέρα και 7 ημέρες την εβδομάδα
- Παρέχει:
 - 202 sites
 - ~30.000 CPU
 - ~12.500TB

Το EGEE τερματίστηκε και αντικαταστάθηκε από το EGI (<http://egi.eu>)



Πως χρησιμοποιείται το Grid;

Έναν υπολογιστή με το κατάλληλο λογισμικό

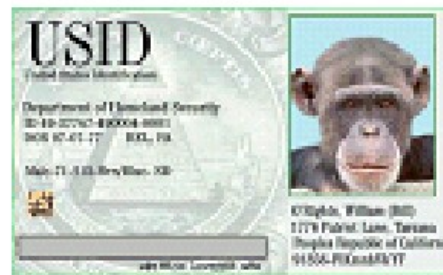


Απομακρυσμένη σύνδεση σε linux

Μια επιστημονική ομάδα που διαθέτει υπολογιστικούς πόρους και θα με δεχθεί για να τους χρησιμοποιήσω



Μια Ταυτότητα



Απαιτείται η χρήση του JDL

- Οι εργασίες που πρόκειται να εκτελεστούν στο Grid περιγράφονται κάνοντας χρήση της γλώσσας Job Description Language (JDL)
- Η JDL χρησιμοποιείται για να καθορίσει τα χαρακτηριστικά της εργασίας και διάφορες απαιτήσεις που θέλουμε να ικανοποιούνται για την εκτέλεση της εργασίας
- Αυτά τα χαρακτηριστικά και οι απαιτήσεις λαμβάνονται υπόψη από το WMS για την εύρεση του βέλτιστου CE στο οποίο θα εκτελεστεί η εργασία μας

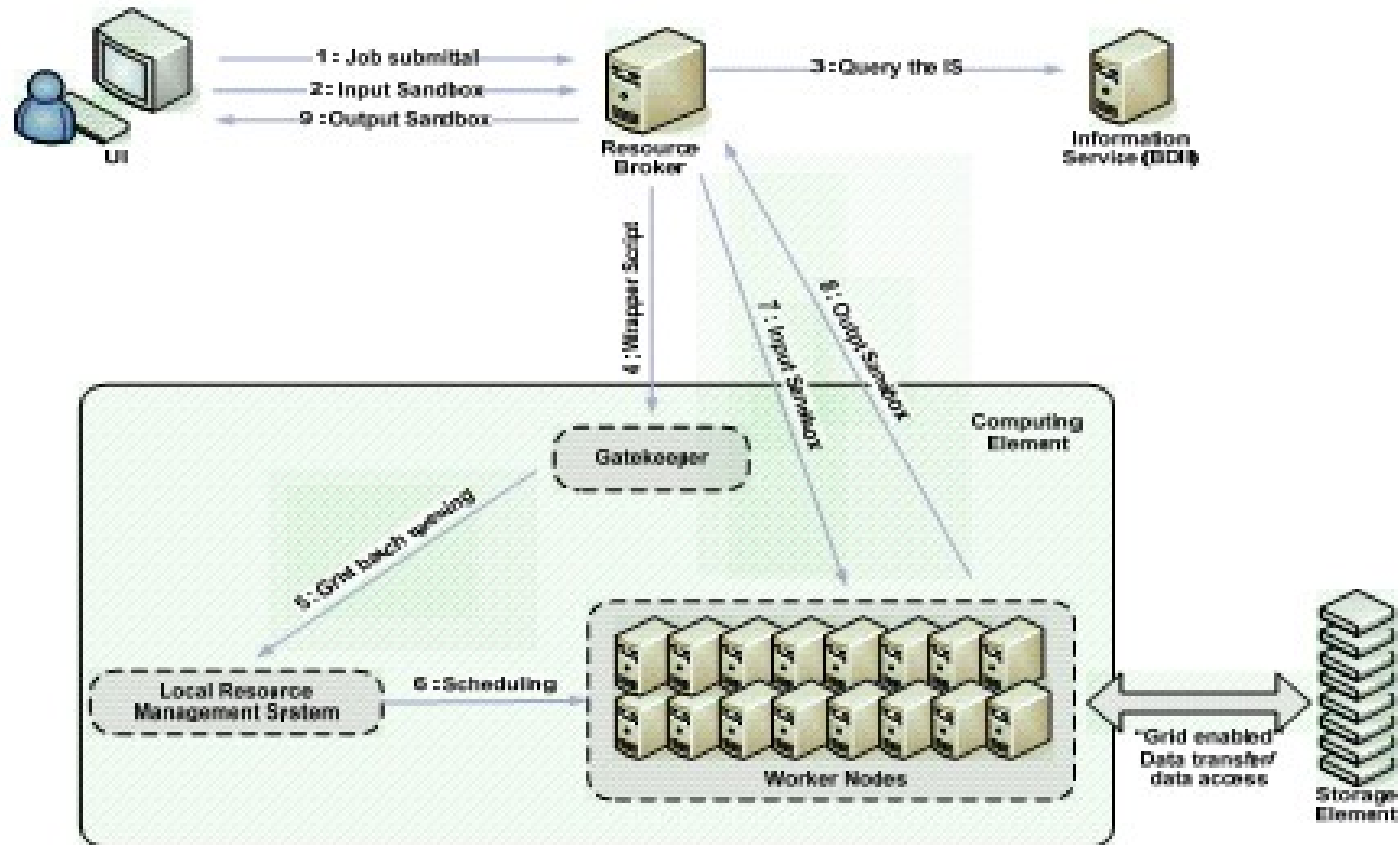


Παράδειγμα JDL

```
Executable = "test.sh";  
Arguments = "fileA fileB";  
StdOutput = "std.out";  
StdError = "std.err";  
InputSandbox = {"test.sh", "fileA", "fileB"};  
OutputSandbox = {"stdout", "std.err"};  
VirtualOrganisation = "see";  
Requirements = other.GlueHostMainMemoryRAMAvailable  
    > = 4000
```



Ροή μιας εργασίας στο grid



Παράλληλη επεξεργασία μέσω Internet (1/2)

- Folding@home.
- <https://foldingathome.org/>



- Οι χρήστες του NET εθελοντικά αφιερώνουν τους idle χρόνους του υπολογιστή τους.
- *“Στόχος μας: να κατανοήσουμε την ορθή και λανθασμένη αναδίπλωση των πρωτεϊνών και τις σχετιζόμενες με αυτήν ασθένειες”.*
- Σήμερα ασχολούνται με drug screening για Covid



Παράλληλη επεξεργασία μέσω Internet (2/2)

- Παρόμοιο project με το folding@home.
<https://setiathome.berkeley.edu/>



help us search out new life and new civilizations.

Υπάρχει το λογισμικό ανοιχτού κώδικα <http://boinc.berkeley.edu/> για
εθελοντικό υπολογισμό και
υπολογισμό πλέγματος



Τέλος



Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

