



Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

Supercomputers

Επιμέλεια Παρουσίασης
Μιχαήλ Λούτσος
Αδαμάντιος Μητρακούλης

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Μηνάς Δασυγένης

Κοζάνη 2018

Εργαστήριο Ψηφιακών Συστημάτων και Αρχιτεκτονικής Υπολογιστών

Περιεχόμενα

Ενότητα 1: Εισαγωγή στους Υπερυπολογιστές

Ενότητα 2: Αρχιτεκτονική και Λογισμικό

Ενότητα 3: Χρήση Υπερυπολογιστών

Ενότητα 4: Κβαντικοί Υπολογιστές

Ενότητα 5: Μέλλον Υπερυπολογιστών

Ενότητα 6: Ανάλυση Top 500 Υπερυπολογιστών

Ενότητα 7: Ανάλυση Top 20 Υπερυπολογιστών

Ενότητα 8: A.R.I.S. Hellas Supercomputer



Ενότητα 1

Εισαγωγή στους Υπερυπολογιστές



Ορισμός Υπερυπολογιστή

Υπερυπολογιστής ονομάζεται ένας υπολογιστής που **διαφέρει αισθητά απ' τους υπολογιστές που χρησιμοποιούνται από απλούς χρήστες** όσον αφορά στον αριθμό των υπολογισμών κινητής υποδιαστολής που μπορεί να εκτελέσει ανά δευτερόλεπτο.



Ο υπερυπολογιστής Dell Owens του κέντρου υπερυπολογιστών της πολιτείας Οχάϊο.

<https://sciencesprings.wordpress.com>



- Ένας από τους πρώτους υπερυπολογιστές ήταν ο **IBM Naval Ordnance Research Calculator (NORC)** και ήταν **ο πιο ισχυρός υπολογιστής στο διάστημα 1954 – 1963**.
- Κατασκευάστηκε στο Εργαστήριο Επιστημονικών Υπολογιστών Watson του Πανεπιστημίου Κολούμπια υπό την καθοδήγηση του Wallace Eckert στο διάστημα 1950-1954 και τέθηκε σε λειτουργία το Δεκέμβριο του '54.
- Ο υπολογιστής IBM Naval Ordnance Research (NORC) ήταν ένας μοναδικός υπολογιστής πρώτης γενιάς (σωλήνας κενού) που κατασκευάστηκε από την IBM για το Bureau of Ordnance του Πολεμικού Ναυτικού των Ηνωμένων Πολιτειών.
- Κατά την τελετή παρουσίασης, υπολόγισε τον αριθμό π στα 3089 ψηφία, το οποίο ήταν τότε ρεκόρ.



Μερικά τεχνικά χαρακτηριστικά του NORC:

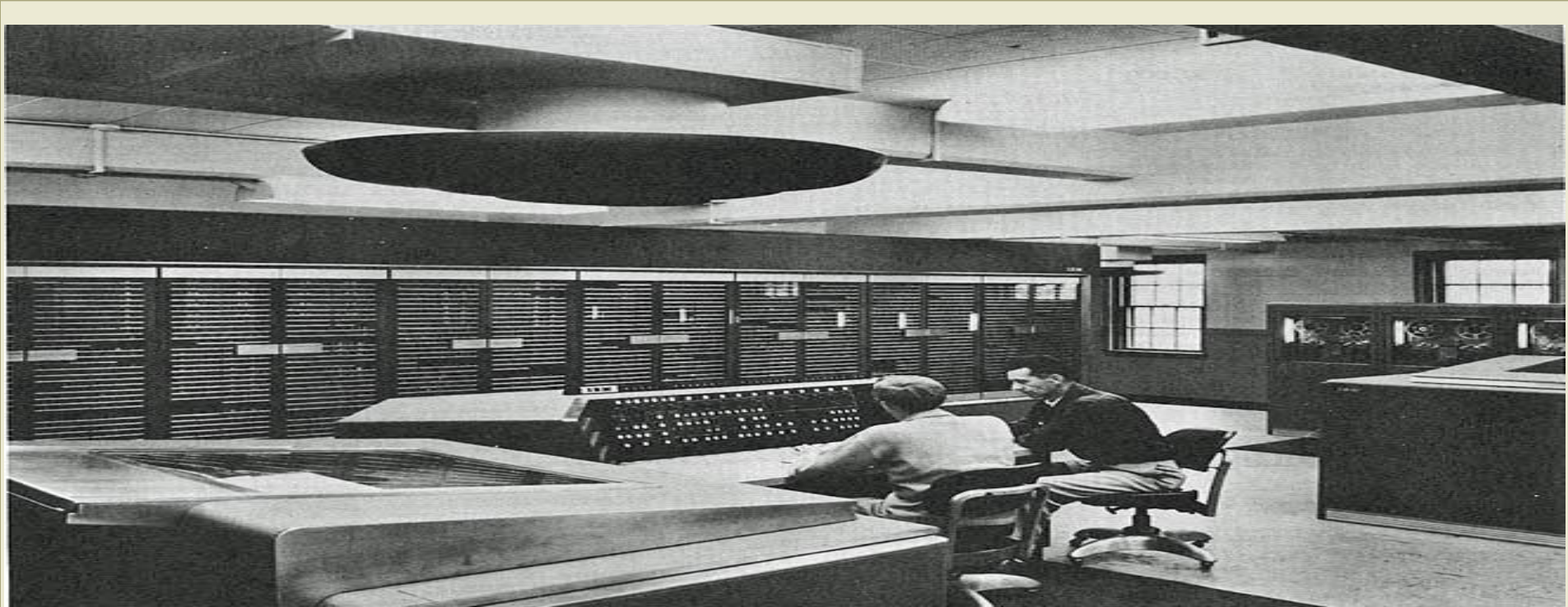
- Χρονισμένος στο 1 MHz.
- Χρησιμοποιούσε λέξεις μήκους 16 bits.
- Αποτελούνταν από 9.800 σωλήνες κενού, 10.000 κρυσταλλοδιόδους και τέσσερα σετ μνημών των 66 καθοδικών σωλήνων με δυνατότητα αποθήκευσης 500 λέξεις η κάθε μία.
- Κόστισε περίπου 2,5 εκατομμύρια δολάρια.



Ενότητα 1

Εισαγωγή στους Υπερυπολογιστές

Πρώτοι Υπερυπολογιστές (3/12)



NORC (Naval Ordnance Research Computer)

Κατασκευάστηκε από την IBM για το Ναυτικό των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής.

https://en.wikipedia.org/wiki/IBM_Naval_Ordnance_Research_Calculator

- Το 1960 εμφανίστηκε ο UNIVAC LARC (Livermore Advanced Research Computer) είναι ένας υπολογιστής “mainframe” σχεδιασμένος σύμφωνα με μια απαίτηση που έχει εκδοθεί από τον Edward Teller για την **εκτέλεση υδροδυναμικών προσομοιώσεων για σχεδιασμό πυρηνικών όπλων**.
- Το Μάρτιο του 1960 παραδόθηκε στο Εθνικό Εργαστήριο του Lawrence Livermore που έτσι ονομαζόταν τότε το Εργαστήριο Ραδιενέργειας του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας με το πρώτο τεστ να γίνεται τον Απρίλιο του 1960.
- Η κύρια λειτουργία του ήταν η επίλυση διαφορικών εξισώσεων.



Μερικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά του UNIVAC LARC:

- Χρησιμοποιούσε λέξεις μήκους 48 bits.
- Η βασική διαμόρφωση είχε 26 καταχωρητές γενικού σκοπού οι οποίοι μπορούσαν να επεκταθούν μέχρι τους 99.
- Ζύγιζε περίπου 52 τόνους.
- Κόστισε 6 εκατομμύρια δολάρια.



Ενότητα 1

Εισαγωγή στους Υπερυπολογιστές

Πρώτοι Υπερυπολογιστές (6/12)



UNIVAC LARC (Livermore Advanced Research Computer).

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:UNIVAC_LARC-BRL61-0959.jpg



- Η IBM τον Απρίλιο του 1960 ανακοινώνει την υλοποίηση του IBM 7030, επίσης γνωστός ως Stretch, ο οποίος ήταν ο πρώτος υπερυπολογιστής της IBM εξ' ολοκλήρου **βασισμένος σε τεχνολογία τρανζίστορ**.
- Το 1961 παραδίδεται στο Εργατήριο Ατομικής Ενέργειας του Λος Άλαμος στο Νέο Μεξικό.
- Ήταν ο γρηγορότερος υπολογιστής στον κόσμο από το 1961 μέχρι το 1964.



Μερικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά του IBM 7030:

- Ενσωμάτωνε 169.000 τρανζίστορ.
- Κατανάλωνε 21.6 kW.
- Είχε διαστάσεις 10x2.1x1.8.
- Κόστισε 13,5 εκατομμύρια δολάρια.





IBM 7030, Κονσόλα συντήρησης στο Μουσείου Τέχνης στο Παρίσι.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IBM_7030-CNAM_22480-IMG_5115-white.jpg

- Τελευταίος από τους πρώτους ισχυρούς υπερυπολογιστές είναι ο Atlas. Ο υπολογιστής Atlas ήταν μια κοινή ανάπτυξη μεταξύ του Πανεπιστημίου του Μάντσεστερ και την εταιρία Ferranti και η κατασκευή του διάρκεσε 6 χρόνια από το 1956 ως το 1962.
- Η λειτουργία του ξεκίνησε το Δεκέμβριο του 1962.
- Ήταν μια μηχανή δεύτερης γενιάς, χρησιμοποιώντας διακριτά τρανζίστορ γερμάνιου. Ο πρώτος Atlas, χρειαζόταν 1.4μsec για να εκτέλεσει μια προσθαφαίρεση και λέγεται ότι κάθε φορά που ο Atlas ήταν εκτός λειτουργίας, η μισή επεξεργαστική ισχύ της Μεγάλης Βρετανίας χανόταν.



Μερικά Τεχνικά Χαρακτηριστικά του Atlas:

- Διέθετε πάνω από 100 καταχωρητές.
- Χρησιμοποιούσε ένα από τα πρώτα λειτουργικά συστήματα το Atlas Supervisor.
- Μέγιστη ταχύτητα μεταφοράς ήταν 1000bits/sec.



Ενότητα 1

Εισαγωγή στους Υπερυπολογιστές

Πρώτοι Υπερυπολογιστές (12/12)



Atlas, Πανεπιστήμιο Μαντσεστερ.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:University_of_Manchester_Atlas,_January_1963.JPG



Supercomputers

Ενότητα 2

Αρχιτεκτονική και Λογισμικό



Ιστορία Αρχιτεκτονικής (1/2)

- Οι προσεγγίσεις στην αρχιτεκτονική του υπερυπολογιστή έχουν λάβει δραματικές στροφές από τότε που τα πρώτα συστήματα εισήχθησαν στη δεκαετία του 1960.
- Οι πρώιμες αρχιτεκτονικές υπερυπολογιστών που πρωτοστάτησε ο Seymour Cray βασίστηκαν σε συμπαγή καινοτόμα σχέδια και τοπικό παραλληλισμό για να επιτύχουν κορυφαία υπολογιστική απόδοση.
- Ωστόσο, με την πάροδο του χρόνου η ζήτηση για αυξημένη υπολογιστική ισχύς οδήγησε στην εποχή των μαζικά παράλληλων συστημάτων.

πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputer_architecture



Ιστορία Αρχιτεκτονικής (2/2)

- Ενώ οι υπερυπολογιστές της δεκαετίας του '70 χρησιμοποιούσαν μόνο λίγους επεξεργαστές, τη δεκαετία του 1990 άρχισαν να εμφανίζονται μηχανές με χιλιάδες επεξεργαστές.
- Μέχρι το τέλος του 20ου αιώνα, μαζικά παράλληλοι υπερυπολογιστές με δεκάδες χιλιάδες επεξεργαστές "off-the-shelf" ήταν το πρότυπο.
- Οι υπερυπολογιστές του 21ου αιώνα μπορούν να χρησιμοποιούν πάνω από 100.000 επεξεργαστές (μερικοί είναι γραφικές μονάδες) που συνδέονται με γρήγορες συνδέσεις.

πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputer_architecture



Μαζικός Συγκεντρωτικός Παραλληλισμός (1/5)

- Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1980, καθώς η ζήτηση για υπολογιστική ισχύ αυξήθηκε, άρχισε η τάση για ένα πολύ μεγαλύτερο αριθμό επεξεργαστών, εγκαινιάζοντας την εποχή των μαζικά παράλληλων συστημάτων.
- Τα συστήματα αυτά είχαν κατανομημένη μνήμη και κατανομημένα συστήματα αρχείων, δεδομένου ότι οι αρχιτεκτονικές κοινής μνήμης δεν μπορούσαν να κλιμακωθούν σε ένα μεγάλο αριθμό επεξεργαστών.
- Οι υβριδικές προσεγγίσεις, όπως η κατανομημένη κοινή μνήμη, εμφανίστηκαν και μετά τα πρώτα συστήματα.

πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputer_architecture



Μαζικός Συγκεντρωτικός Παραλληλισμός (2/5)

- Η προσέγγιση της ομαδοποίησης υπολογιστών συνδέει έναν αριθμό εύκολα διαθέσιμων υπολογιστικών κόμβων (π.χ. προσωπικούς υπολογιστές που χρησιμοποιούνται ως διακομιστές) μέσω ενός γρήγορου, ιδιωτικού τοπικού δικτύου.
- Οι δραστηριότητες των κόμβων υπολογιστών ενορχηστρώνονται από το "συμπλέγμα middleware", ένα στρώμα λογισμικού που βρίσκεται επάνω από τους κόμβους και επιτρέπει στους χρήστες να αντιμετωπίζουν το σύμπλεγμα ως μια μεγάλη συνεκτική υπολογιστική μονάδα, π.χ. μέσω μιας ενιαίας εικόνας συστήματος.

πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputer_architecture



- Η ομαδοποίηση υπολογιστών βασίζεται σε μια προσέγγιση κεντρικής διαχείρισης, η οποία καθιστά τους κόμβους διαθέσιμους ως ενορχηστρωμένους κοινόχρηστους διακομιστές.
- Είναι ξεχωριστό από άλλες προσεγγίσεις, όπως ο υπολογισμός peer to peer ή grid computing που χρησιμοποιούν επίσης πολλούς κόμβους αλλά με πολύ πιο καταναμημένο χαρακτήρα.
- Μέχρι τον 21ο αιώνα, η εξαμηνιαία λίστα με τους 500 ταχύτερους υπερυπολογιστές του οργανισμού TOP500 περιλαμβάνει συχνά πολλές συστάδες, π.χ. τον ταχύτερο το 2011 στον κόσμο, ο υπολογιστής K με μια καταναμημένη μνήμη, την αρχιτεκτονική συμπλέγματος.

πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputer_architecture



Μαζικός Συγκεντρωτικός Παραλληλισμός (4/5)

- Όταν χρησιμοποιείται μεγάλος αριθμός τοπικών ημι-ανεξάρτητων υπολογιστικών κόμβων (π.χ. σε μια αρχιτεκτονική συμπλέγματος), η ταχύτητα και η ευελιξία της διασύνδεσης καθίσταται πολύ σημαντική.
- Οι σύγχρονοι υπερυπολογιστές έχουν υιοθετήσει διαφορετικές προσεγγίσεις για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος, π.χ. Η Tianhe-1 χρησιμοποιεί ένα ιδιόκτητο δίκτυο υψηλής ταχύτητας βασισμένο στο Infiniband QDR, ενισχυμένο με επεξεργαστές FeiTeng-1000.
- Από την άλλη πλευρά, το σύστημα Blue Gene/L χρησιμοποιεί μια τρισδιάστατη διασύνδεση βάση στήλης με βοηθητικά δίκτυα για παγκόσμια επικοινωνία. Στην προσέγγιση αυτή κάθε κόμβος συνδέεται με τους έξι πλησιέστερους γείτονές του.
- Ένας παρόμοιος κώνος χρησιμοποιήθηκε από το Cray T3E.

πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputer_architecture



Μαζικός Συγκεντρωτικός Παραλληλισμός (5/5)

- Τα μαζικά συγκεντρωτικά συστήματα χρησιμοποιούν μερικές φορές επεξεργαστές ειδικού σκοπού σχεδιασμένους για συγκεκριμένη εφαρμογή και μπορούν να χρησιμοποιούν σειρές πλεγμάτων (FPGA) προγραμματιζόμενων στο πεδίο για να κερδίσουν τις επιδόσεις θυσιάζοντας τη γενικότητα.
- Παραδείγματα υπερυπολογιστών ειδικού σκοπού περιλαμβάνουν Belle, Deep Blue, και Ύδρα για το παιχνίδι σκακιού, Gravity Pipe για αστροφυσική, MDGRAPE-3 για τη μοριακή δυναμική, Crack για το σπάσιμο του κρυπτογράφου DES.

πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputer_architecture



Μαζικός Κατανεμημένος Παραλληλισμός (1/3)

- Το πλέγμα υπολογιστικής χρησιμοποιεί μεγάλο αριθμό υπολογιστών σε κατανεμημένους, ποικίλους διοικητικούς τομείς. Είναι μια ευκαιριακή προσέγγιση που χρησιμοποιεί πόρους όποτε είναι διαθέσιμοι.
- Ένα παράδειγμα είναι το BOINC ένα εθελοντικό σύστημα ευκαιριακού πλέγματος. Ορισμένες εφαρμογές BOINC έχουν φτάσει σε επίπεδα πολλαπλών petaflop χρησιμοποιώντας σχεδόν μισό εκατομμύριο υπολογιστές συνδεδεμένους στο διαδίκτυο, όποτε διατίθενται εθελοντικά μέσα.
- Ωστόσο, αυτοί οι τύποι αποτελεσμάτων συχνά δεν εμφανίζονται στις αξιολογήσεις TOP500 επειδή δεν χρησιμοποιούν το γενικό όριο αναφοράς Linpack.

πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputer_architecture



Μαζικός Κατανεμημένος Παραλληλισμός (2/3)

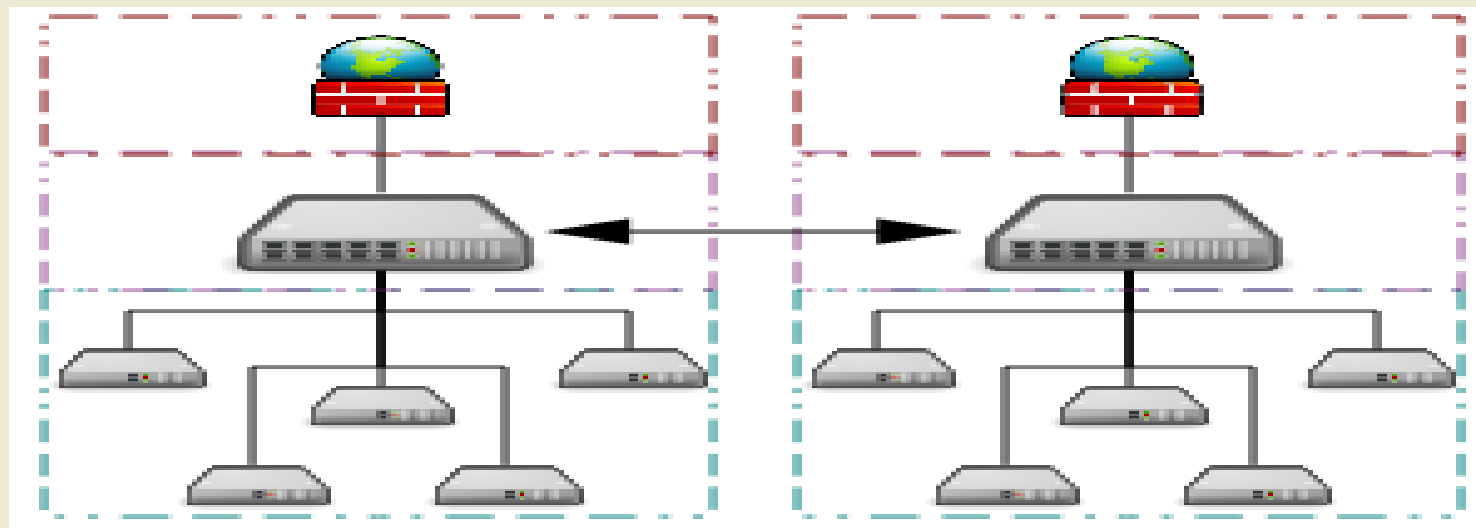
- Παρόλο που ο υπολογισμός δικτύου είχε επιτυχία στην παράλληλη εκτέλεση εργασιών, οι απαιτητικές εφαρμογές υπερυπολογιστών, όπως οι προσομοιώσεις καιρού ή η υπολογιστική ρευστότητα, παρέμειναν ανέφικτες.

- Εν μέρει λόγω των φραγμών στην αξιόπιστη υποδιαίρεση μεγάλου αριθμού καθηκόντων καθώς και της αξιόπιστης διαθεσιμότητας των πόρων σε δεδομένη χρονική στιγμή.

πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputer_architecture



Μαζικός Κατανεμημένος Παραλληλισμός (3/3)



Παράδειγμα αρχιτεκτονικής ενός γεωγραφικά διασκορπισμένου υπολογιστικού συστήματος που συνδέει πολλούς κόμβους σε ένα δίκτυο.

πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputer_architecture



Η Αρχιτεκτονική Τάση Σήμερα (1/3)

- Η αεροψυκτική αρχιτεκτονική του υπερυπολογιστή IBM Blue Gene εμπορεύεται την ταχύτητα του επεξεργαστή για χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, έτσι ώστε ένας μεγαλύτερος αριθμός επεξεργαστών να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε θερμοκρασία δωματίου, χρησιμοποιώντας τον κανονικό κλιματισμό.
- Το σύστημα Blue Gene/P δεύτερης γενιάς έχει επεξεργαστές με ενσωματωμένη λογική επικοινωνίας κόμβου-κόμβου. Είναι ενεργειακά αποδοτικό, επιτυγχάνοντας 371 MFLOPS/W.

πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputer_architecture



Η Αρχιτεκτονική Τάση Σήμερα (2/3)

- Ο υπολογιστής K είναι ένας υδατοκαψυγμένος, ομοιογενής επεξεργαστής, καταναμημένος σύστημα μνήμης με αρχιτεκτονική συμπλέγματος.
- Χρησιμοποιεί περισσότερους από 80.000 επεξεργαστές SPARC64 VIIIfx, ο καθένας με οκτώ πυρήνες, για συνολικά πάνω από 700.000 πυρήνες - σχεδόν διπλάσιος από οποιοδήποτε άλλο σύστημα.
- Αποτελείται από περισσότερα από 800 φωριαμούς, το καθένα με 96 κόμβους υπολογιστών (το καθένα με 16 GB μνήμης) και 6 κόμβους I/O.
- Παρόλο που είναι πιο ισχυρό από τα επόμενα πέντε συστήματα της λίστας TOP500, σε 824.56 MFLOPS/W έχει τη χαμηλότερη σχέση ισχύος / απόδοσης σε οποιοδήποτε τρέχον μεγάλο σύστημα υπερυπολογιστών.

πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputer_architecture



Η Αρχιτεκτονική Τάση Σήμερα (3/3)

- Σε αντίθεση με τον υπολογιστή K, το σύστημα Tianhe-1A χρησιμοποιεί μια υβριδική αρχιτεκτονική και ενσωματώνει CPU και GPU.
- Χρησιμοποιεί περισσότερους από 14.000 επεξεργαστές γενικής χρήσης Xeon και περισσότερους από 7.000 μονάδες επεξεργασίας γραφικών γενικής χρήσης (GPGPUs) Nvidia Tesla σε περίπου 3.500 διακομιστές.
- Έχει 112 ντουλάπια υπολογιστών και 262 terabytes κατανεμημένης μνήμης, 2 μονάδες αποθήκευσης δίσκων (petabytes) υλοποιούνται μέσω αρχείων Luster με συμπλέγματα.
- Η Tianhe-1 χρησιμοποιεί ιδιόκτητο δίκτυο επικοινωνίας υψηλής ταχύτητας για τη σύνδεση των επεξεργαστών. Το ιδιόκτητο δίκτυο διασύνδεσης βασίστηκε στην τεχνολογία Infiniband QDR, ενισχυμένη με κινέζικους επεξεργαστές FeiTeng-1000.

πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputer_architecture



Δομή Υπερυπολογιστών (1/3)

Εξ' αντικειμένου τα βασικότερα υποσυστήματα που έχει ένας υπερυπολογιστής μοιάζουν πολύ με τα αντίστοιχα ενός τυπικού επιτραπέζιου υπολογιστή και κυρίως περιλαμβάνουν:

- **Μητρικές Κάρτες:** Κάθε απλός υπολογιστής έχει μια μητρική κάρτα. Οι υπερυπολογιστές έχουν από εκατοντάδες μέχρι χιλιάδες μητρικές, τοποθετημένες σε ειδικά ράφια, οι οποίες επικοινωνούν μεταξύ τους και συγχρονίζονται μέσα από ένα ταχύτατο δίκτυο οπτικών ινών.
- **CPUs:** Η γνωστή σε όλους μας κεντρική μονάδα επεξεργασίας είναι - όπως υποδηλώνει το όνομα - η καρδιά των λειτουργιών ενός υπολογιστή. Οι σύγχρονοι υπερυπολογιστές διαθέτουν δεκάδες χιλιάδες πολυπύρηνους επεξεργαστές, συνήθως τοποθετημένους ανά δύο ή ανά τέσσερις σε κάθε μητρική.



Δομή Υπερυπολογιστών (2/3)

- **Μνήμη RAM:** Κάθε είδους υπολογιστής χρειάζεται υποχρεωτικά μνήμη RAM. Στους οικιακούς υπολογιστές τη μετράμε σε Gigabyte, οι υπερυπολογιστές έχουν το Terabyte, ενώ θα βρούμε ακόμα και συστήματα με πάνω από 1 Petabyte RAM. Αυτή η μνήμη είναι μοιρασμένη στις μητρικές που βρίσκονται και οι επεξεργαστές.
- **GPUs:** Ενώ οι υπερυπολογιστές προφανώς δεν παίζουν παιχνίδια, αρκετοί από αυτούς ενσωματώνουν μεγάλο αριθμό από κάρτες γραφικών, όπως η Nvidia Tesla. Συγκεκριμένοι τύποι υπολογισμών γίνονται πιο αποδοτικά από τις GPU παρά από τους επεξεργαστές.



Δομή Υπερυπολογιστών (3/3)

- **Δικτύωση:** Όπως προαναφέραμε, κάθε υπερυπολογιστής αποτελείται από πολλαπλές μητρικές στις οποίες λειτουργούν οι επεξεργαστές. Για τον συντονισμό όλου του συστήματος και την απρόσκοπτη επικοινωνία χρειάζονται συσκευές δικτύωσης switch σε μέγεθος ντουλάπας, το κόστος των οποίων μετριέται σε εκατομμύρια δολάρια και υποστηρίζουν ταχύτητες επικοινωνίας της τάξης των 100Gbps.
- **Μονάδες αποθήκευσης:** Εκτός από σκληρούς δίσκους HDD και SSD - με ειδικά racks με δεκάδες μονάδες δίσκου το καθένα - στους περισσότερους υπερυπολογιστές θα βρούμε και μονάδες αποθήκευσης σε ταινία (Tape Backup) που αποθηκεύουν μεγάλο όγκο δεδομένων αλλά με χαμηλή ταχύτητα πρόσβασης.
- **Cooling (Ψύξη):** Οι σύγχρονοι υπερυπολογιστές απορροφούν πολλή ενέργεια, ικανή για να τροφοδοτήσει 24.000 κατοικίες για έναν ολόκληρο μήνα. Αυτή η ενέργεια απελευθερώνεται ως θερμότητα, και ως εκ τούτου απαιτούνται εξελιγμένα συστήματα ψύξης. Μάλιστα, ο υπερυπολογιστής Aquasar της IBM αξιοποιεί τη θερμότητά του για να παρέχει θέρμανση με ζεστό νερό στο κτήριο του Swiss Federal Institute of Technology της Ζυρίχης.



Λογισμικό Υπερυπολογιστών (1/4)

- Από τα τέλη του 20ού αιώνα, τα λειτουργικά συστήματα υπερυπολογιστών έχουν υποστεί μεγάλες μεταβολές, καθώς έχουν σημειωθεί θεμελιώδεις αλλαγές στην αρχιτεκτονική των υπερυπολογιστών.
- Ενώ τα αρχικά λειτουργικά συστήματα ήταν προσαρμοσμένα σε κάθε υπερυπολογιστή για να κερδίσουν ταχύτητα, η τάση έχει απομακρυνθεί από τα εσωτερικά λειτουργικά συστήματα και προς κάποια μορφή Linux, με το να τρέχει όλους τους υπερυπολογιστές στη λίστα TOP500 το Ιούνιο του 2018.

πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputer_operating_systems



Λογισμικό Υπερυπολογιστών (2/4)

- Δεδομένου ότι οι σύγχρονοι μαζικά παράλληλοι υπερυπολογιστές τυπικά χωρίζουν τους υπολογιστές από άλλες υπηρεσίες χρησιμοποιώντας πολλαπλούς τύπους κόμβων, συνήθως εκτελούν διαφορετικά λειτουργικά συστήματα σε διαφορετικούς κόμβους.
- Π.χ. χρησιμοποιώντας ένα μικρό και αποδοτικό ελαφρύ πυρήνα όπως ο Compute Node Kernel (CNK) ή ο Compute Node Linux (CNL) σε υπολογιστικούς κόμβους, αλλά και σε ένα μεγαλύτερο σύστημα, όπως ένα παράγωγο Linux σε διακομιστή και κόμβους εισόδου / εξόδου (I/O).

πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputer_operating_systems



Λογισμικό Υπερυπολογιστών (3/4)

- Σε ένα παραδοσιακό σύστημα υπολογιστών πολλαπλών χρηστών ο προγραμματισμός των εργασιών είναι ένα πρόβλημα που αφορά την επεξεργασία και τους περιφερειακούς πόρους.
- Σε ένα μαζικά παράλληλο σύστημα, το σύστημα διαχείρισης της εργασίας πρέπει να διαχειρίζεται την κατανομή τόσο των υπολογιστικών πόρων όσο και των επικοινωνιακών πόρων, με αναπόφευκτες αποτυχίες υλικού όταν υπάρχουν δεκάδες χιλιάδες επεξεργαστές.

πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputer_operating_systems



Λογισμικό Υπερυπολογιστών (4/4)

- Παρόλο που οι περισσότεροι σύγχρονοι υπερυπολογιστές χρησιμοποιούν το λειτουργικό σύστημα Linux, κάθε κατασκευαστής έχει κάνει τις δικές του συγκεκριμένες αλλαγές στο λειτουργικό σύστημα το οποίο παράγεται από το Linux.
- Δεν υπάρχουν βιομηχανικά πρότυπα, εν μέρει επειδή οι διαφορές στις αρχιτεκτονικές υλικού απαιτούν αλλαγές για να βελτιστοποιήσουν το λειτουργικό σύστημα κάθε σχεδίαση υλικού.

πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputer_operating_systems



Το Λογισμικό Chippewa

- Το CDC 6600, που γενικά θεωρείται ο πρώτος υπερυπολογιστής στον κόσμο, έτρεξε το λειτουργικό σύστημα Chippewa, το οποίο στη συνέχεια αναπτύχθηκε σε διάφορους άλλους υπολογιστές της σειράς CDC 6000.
- Το Chippewa ήταν ένα μάλλον απλό σύστημα ελέγχου της εργασίας που βασίστηκε στο προηγούμενο CDC 3000, αλλά επηρέασε τα συστήματα KRONOS και SCOPE.

πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputer_operating_systems



Το Λογισμικό Cray

- Ο πρώτος Cray 1 παραδόθηκε στο εργαστήριο Los Alamos χωρίς λειτουργικό σύστημα ή άλλο λογισμικό. Το εργαστήριο ανέπτυξε το λογισμικό εφαρμογής και το λειτουργικό σύστημα για αυτό.
- Το κύριο σύστημα χρονομεριστικής μίσθωσης για το Cray 1 είναι το Σύστημα Διαμοιρασμού Χρόνου Cray (CTSS).
- Αναπτύχθηκε στη συνέχεια στα εργαστήρια Livermore ως άμεσος απόγονος του συστήματος Livermore Time Sharing System (LTSS) για το λειτουργικό σύστημα CDC 6600 από είκοσι χρόνια νωρίτερα.

πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputer_operating_systems



Το Λογισμικό Unicos

- Κατά την ανάπτυξη των υπερυπολογιστών, το αυξανόμενο κόστος του λογισμικού σύντομα έγινε κυρίαρχο, όπως αποδεικνύεται από το κόστος της ανάπτυξης λογισμικού στο Cray το 1980 που ισοδυναμούσε με το κόστος για το υλικό .
- Αυτή η τάση ήταν εν μέρει υπεύθυνη για την απομάκρυνση από το εσωτερικό λειτουργικό σύστημα Cray στο σύστημα UNICOS που βασίζεται στο Unix. Το 1985, το Cray 2 ήταν το πρώτο σύστημα που έφερε το λειτουργικό σύστημα UNICOS.

πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputer_operating_systems



Το Λογισμικό EOS

- Περίπου την ίδια χρονική στιγμή, το λειτουργικό σύστημα EOS αναπτύχθηκε από τα συστήματα ETA για χρήση στους υπερυπολογιστές τους ETA10.
- Το EOS, γραμμένο σε Cybil, μια γλώσσα τύπου Pascal από την Control Data Corporation, έδειξε τα προβλήματα σταθερότητας στην ανάπτυξη σταθερών λειτουργικών συστημάτων για υπερυπολογιστές και τελικά ένα σύστημα τύπου Unix προσφέρθηκε στο ίδιο μηχάνημα.
- Τα διδάγματα που αντλήθηκαν από την ανάπτυξη λογισμικού συστήματος ETA περιλάμβαναν το υψηλό επίπεδο κινδύνου που συνδέεται με την ανάπτυξη ενός νέου λειτουργικού συστήματος υπερυπολογιστών και τα πλεονεκτήματα της χρήσης του Unix με τη μεγάλη υπάρχουσα βάση βιβλιοθηκών λογισμικού συστήματος.

πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputer_operating_systems



Το Λογισμικό Σήμερα (1/5)

- Ο υπερυπολογιστής IBM Blue Gene χρησιμοποιεί το λειτουργικό σύστημα CNK (**Compute Node Kernel**) στους υπολογιστικούς κόμβους, αλλά χρησιμοποιεί έναν τροποποιημένο πυρήνα Linux που ονομάζεται πυρήνας κόμβου I/O (INK) στους κόμβους I/O.
- Το CNK είναι ένας ελαφρύς πυρήνας που τρέχει σε κάθε κόμβο και υποστηρίζει μια ενιαία εφαρμογή που εκτελείται για έναν μόνο χρήστη σε αυτόν τον κόμβο.
- Για λόγους αποτελεσματικής λειτουργίας, ο σχεδιασμός της CNK διατηρήθηκε απλός, με τη φυσική μνήμη να χαρτογραφείται στατικά και η CNK να μην χρειάζεται ούτε να παρέχει προγραμματισμό ή εναλλαγή περιβάλλοντος.

πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputer_operating_systems



Το Λογισμικό Σήμερα (2/5)

- Το CNK δεν εφαρμόζει το αρχείο I/O στον υπολογιστικό κόμβο, αλλά το μεταβιβάζει σε συγκεκριμένους κόμβους I/O.
- Ωστόσο, δεδομένου ότι στους πολλαπλούς υπολογιστικούς κόμβους του Blue Gene μοιράζονται έναν ενιαίο κόμβο I/O, το λειτουργικό σύστημα κόμβου I/O απαιτεί πολλαπλές εργασίες, επομένως η επιλογή λειτουργικού συστήματος βασίζεται στο Linux.

πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputer_operating_systems



Το Λογισμικό Σήμερα (3/5)

- Στους πρώιμους υπερυπολογιστές, ο προγραμματισμός των θέσεων εργασίας αποτελούσε ένα πρόβλημα προγραμματισμού των εργασιών για την επεξεργασία και τους περιφερειακούς πόρους.
- Σε ένα μαζικά παράλληλο σύστημα, το σύστημα διαχείρισης θέσεων εργασίας πρέπει να διαχειρίζεται την κατανομή τόσο των υπολογιστικών όσο και των επικοινωνιακών πόρων.

πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputer_operating_systems



Το Λογισμικό Σήμερα (4/5)

- Είναι απαραίτητο να συντονιστεί ο προγραμματισμός εργασιών και το λειτουργικό σύστημα σε διαφορετικές διαμορφώσεις ενός υπερυπολογιστή.
- Ένας τυπικός χρονοπρογραμματιστής παράλληλων εργασιών έχει έναν κύριο προγραμματιστή ο οποίος δίνει εντολή σε κάποιον αριθμό προγραμματιστικών “σκλάβων” να εκκινήσουν, να παρακολουθούν, να ελέγχουν παράλληλες εργασίες και να λαμβάνουν περιοδικά αναφορές από αυτούς σχετικά με την κατάσταση της προόδου της εργασίας.

πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputer_operating_systems



Το Λογισμικό Σήμερα (5/5)

- Ο χρονοπρογραμματιστής της IBM στους υπερυπολογιστές Blue Gene σκοπεύει να εκμεταλλευτεί την τοποθεσία και να ελαχιστοποιήσει τη διαμάχη του δικτύου, αναθέτοντας εργασίες από την ίδια εφαρμογή σε ένα ή περισσότερα μεσαία επίπεδα μιας ομάδας κόμβων 8x8x8.
- Ο χρονοπρογραμματιστής του Task Manager για το Workload Slurm χρησιμοποιεί έναν αλγόριθμο με την καλύτερη εφαρμογή και εκτελεί τον προγραμματισμό καμπύλης Hilbert για τη βελτιστοποίηση της θέσης των αναθέσεων εργασιών.
- Αρκετοί σύγχρονοι υπερυπολογιστές, όπως το Tianhe-2, χρησιμοποιούν το Slurm, το οποίο αρνείται να αμφισβητήσει τους πόρους σε όλο το σύστημα.
- Το Slurm είναι ανοικτού κώδικα, βασισμένο στο Linux, πολύ κλιμακωτό και μπορεί να διαχειριστεί χιλιάδες κόμβους σε ένα σύμπλεγμα υπολογιστών με μια παρατεταμένη απόδοση άνω των 100.000 θέσεων ανά ώρα.

πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Supercomputer_operating_systems



Γλώσσες Προγραμματισμού (1/5)

- Οι εφαρμογές υπερυπολογιστών τείνουν να έχουν ελαφρώς ασυνήθιστες απαιτήσεις επιδόσεων, δεδομένου ότι συνήθως παρέχεται περιορισμένος χρόνος για να τις εκτελέσετε.
- Κατά συνέπεια, τα προγράμματα συχνά χωρίζονται σε στάδια προεπεξεργασίας των δεδομένων, εκτελώντας ένα πρόγραμμα επίλυσης σε εξαιρετικά υψηλά επίπεδα.

πηγή: <https://www.quora.com/Which-language-is-used-to-program-super-computers>



Γλώσσες Προγραμματισμού (2/5)

- Στους Υπερυπολογιστές δεν υπάρχει πολύτιμος χρόνος ή μνήμη για να διαχειριστούν την αυτόματη διαχείριση μνήμης ή να επεξεργαστούν βιβλιοθήκες χρόνου εκτέλεσης.
- Για αυτό επιλέγονται γλώσσες που επιτρέπουν στον προγραμματιστή να φροντίζει τόσο τη μνήμη όσο και την επεξεργασία με μεγάλη λεπτομέρεια.
- Συνήθως, αυτό σημαίνει C++, Fortran ή C.

πηγή: <https://www.quora.com/Which-language-is-used-to-program-super-computers>



Γλώσσες Προγραμματισμού (3/5)

- Οι υπερυπολογιστές είναι εξαιρετικά παράλληλοι μηχανισμοί, αλλά ούτε οι C++, Fortran ή C υποστηρίζουν εκτενώς την παράλληλη εκτέλεση εντός των ορισμών των ίδιων των γλωσσών.
- Έτσι επιπλέον χρειαζόμαστε βιβλιοθήκες ή επεκτάσεις γλώσσας που υποβάλλονται σε υποστήριξη για το είδος της παράλληλης αρχιτεκτονική που θα χρησιμοποιήσει το πρόγραμμα.

πηγή: <https://www.quora.com/Which-language-is-used-to-program-super-computers>



- Τα κυρίως πρότυπα που υποστηρίζονται ευρέως και για τις τρεις γλώσσες είναι τα MPI για τις αρχιτεκτονικές κατανεμημένης μνήμης και το OpenMP για τους πολυεπεξεργαστές με κοινή μνήμη.
- Είναι αρκετά συνηθισμένο να χρησιμοποιούμε και τα δύο μαζί, καθώς πολλοί υπάρχοντες υπερυπολογιστές είναι συστοιχίες κατανεμημένης μνήμης συστημάτων κοινής μνήμης.

πηγή: <https://www.quora.com/Which-language-is-used-to-program-super-computers>



Γλώσσες Προγραμματισμού (5/5)

- Στις μέρες μας υπάρχει μια στροφή προς την αύξηση των συστημάτων κοινής μνήμης με μονάδες επιτάχυνσης ειδικού σκοπού, όπως GPU ή Xeon Phi.
- Το Xeon Phi υποστηρίζει MPI και/ή OpenMP, αλλά για GPUs, θα χρειάζεται κάτι σαν το OpenCL, ή προαιρετικά, το CUDA εάν οι υπερυπολογιστές ενσωματώνουν τσίπ της NVidia.

πηγή: <https://www.quora.com/Which-language-is-used-to-program-super-computers>



Ενότητα 3

Χρήση Υπερυπολογιστών



Που χρησιμοποιούνται οι υπερυπολογιστές (1/4)

Ένας υπερυπολογιστής είναι ένα πανίσχυρο εργαλείο πραγματοποίησης έρευνας. Σήμερα οι υπερυπολογιστές **χρησιμοποιούνται για να επιλύσουν μερικά από τα σημαντικότερα προβλήματα της ανθρωπότητας**, όπως η προέλευση του σύμπαντος, η ανακάλυψη νέων φαρμάκων, οι έρευνες για την κλιματική αλλαγή και πολλά άλλα. Επίσης χρησιμοποιείται σε ένα πολύ μεγάλο εύρος εφαρμογών όπως είναι:

- **Η βιοχημεία** για μελέτη βιολογικών διεργασιών και πιθανών τρόπων παρέμβασης (π.χ. ανακάλυψη νέων φαρμάκων).
- **Η χημεία** για μελέτη ιδιοτήτων ατόμων, ενώσεων, π.χ. σχεδίαση νέων υλικών.
- **Η φυσική** για προσομοίωση φαινομένων σε διάφορα επίπεδα, από τα υπο-ατομικά σωματίδια έως τους αστέρες και το σύμπαν, βοηθώντας π.χ. τους αστροφυσικούς να ερμηνεύουν τις παρατηρήσεις για το σύμπαν μας.



- **Η κλιματολογία** για τη μελέτη των κλιματολογικών αλλαγών στην περιοχή της Ελλάδας και τους παράγοντες που το επηρεάζουν.
- **Η μετεωρολογία** για την βελτίωση των μοντέλων πρόγνωσης που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα.
- **Η μηχανική** για προσομοίωση ροής ρευστών.



Που χρησιμοποιούνται οι υπερυπολογιστές (3/4)

Επίσης ο υπερυπολογιστής χρησιμοποιείται κυρίως σε μεγάλα εργαστήρια, και μεταξύ άλλων για πολύ απαιτητικές προσομοιώσεις, που θα ήταν αδύνατον να ολοκληρωθούν με συμβατικούς υπολογιστές. Μερικά παραδείγματα είναι τα παρακάτω:

- Η συμπεριφορά των αστεριών ενός γαλαξία σε βάθος δισεκατομμυρίων ετών.



Που χρησιμοποιούνται οι υπερυπολογιστές (4/4)

- Η μελέτη της κλιματικής συμπεριφοράς σε πλανητική κλίμακα.
- Η συμπεριφορά και οι αλλαγές πρωτεϊνών σε έναν οργανισμό.



Ascii White Computer στο Τμήμα
Ενέργειας των Ηνωμένων Πολιτειών.

<https://computer.howstuffworks.com/supercomputers-used-for.htm>



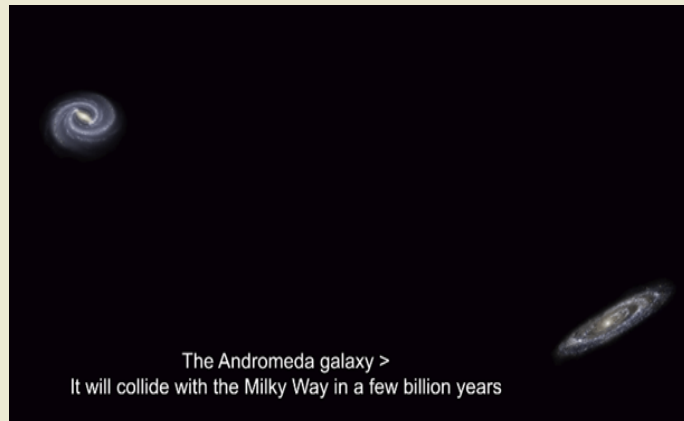
Ποιοι έχουν υπερυπολογιστές (1/2)

- Οι αστροφυσικοί χρησιμοποιούν τους υπερυπολογιστές ως "μηχανές χρόνου", για να εξερευνήσουν το παρελθόν και το μέλλον του σύμπαντος μας.
- Μια προσομοίωση υπερυπολογιστών που έγινε το 2000, απεικόνιζε τη σύγκρουση του δικού μας γαλαξία με τον αντίστοιχο της Ανδρομέδας.



Ποιοι έχουν υπερυπολογιστές (2/2)

- Αν και αυτή η σύγκρουση θα συμβεί μετά από δισεκατομμύρια χρόνια, η προσομοίωση επέτρεψε στους επιστήμονες να τρέξουν το πείραμα και να εξάγουν τα συμπεράσματά τους, βλέποντας τα αποτελέσματα πολύ νωρίτερα.



Ο γαλαξίας μας Milky Way θα συγκρουστεί με τον γαλαξία Ανδρομέδα σε κάτι δισεκατομμύρια χρόνια.

Άλλη χρήση υπερυπολογιστών

- Άλλες σύγχρονες εφαρμογές υπερυπολογιστών περιλαμβάνουν την έρευνα για τον δικό μας υπερυπολογιστή, που δεν είναι άλλος από τον ανθρώπινο εγκέφαλο. Πιο συγκεκριμένα, οι νευροεπιστήμονες χρησιμοποιούν τους υπερυπολογιστές για την ανάπτυξη τρισδιάστατων προγραμμάτων προσομοίωσης του ανθρώπινου εγκεφάλου, για να κατανοήσουν τη λειτουργία.
- Οι διεθνείς υπερδυνάμεις κατασκευάζουν υπερυπολογιστές όχι μόνο για επιστημονική έρευνα, αλλά και για στρατιωτικούς λόγους.



Η Αμερικανική Πολεμική Αεροπορία χρησιμοποίησε 1.760 PS3 για την κατασκευή ενός υπερυπολογιστή.

Ενότητα 4

Κβαντικοί Υπολογιστές



Η αρχή των Κβαντικών Υπολογιστών

Η ιδέα για τη δημιουργία ενός υπολογιστή που θα βασίζεται στις αρχές της κβαντομηχανικής διατυπώθηκε στις αρχές της δεκαετίας του '80, όταν οι φυσικοί Richard Feynman, David Deutsch και Paul Benioff διαπίστωσαν ότι οι κλασικοί υπολογιστές είχαν βασικούς περιορισμούς στο χρόνο και στη μνήμη για την εκπόνηση βασικών λειτουργιών.

- Κατανόησαν ότι η συνεχής συρρίκνωση των στοιχείων που συσκευάζονται επάνω στα τσιπ πυριτίου θα έφθανε σε ένα σημείο όπου τα μεμονωμένα στοιχεία δεν θα ήταν μεγαλύτερα από μερικά άτομα.
- Η συνεχής μείωση, με λιθογραφικές τεχνικές, των διαστάσεων θα μπορούσε να φτάσει στις διαστάσεις των ατόμων και οι υπολογιστές θα μπορούσαν να κατασκευαστούν από το ίδιο το άτομο με παρουσία κβαντικών κανόνων.



Τι είναι Κβαντικός Υπολογιστής

- Κβαντικός υπολογιστής ονομάζεται μία **υπολογιστική συσκευή που εκμεταλλεύεται χαρακτηριστικές ιδιότητες της κβαντομηχανικής**, όπως την αρχή της υπέρθεσης και της διεμπλοκής καταστάσεων, για να φέρει εις πέρας επεξεργασία δεδομένων και εκτέλεση υπολογισμών.
- Η εξέταση της λειτουργίας των κβαντικών υπολογιστών και η διατύπωση κατάλληλων αλγορίθμων από τη σκοπιά της θεωρητικής πληροφορικής, είναι ένα σύγχρονο ακαδημαϊκό πεδίο με τίτλο κβαντικός υπολογισμός.
- Οι κβαντομηχανικές ιδιότητες και αρχές λειτουργίας των κβαντικών υπολογιστών μελετώνται και από την επιστήμη της φυσικής.
- Η σχετική πρακτική τεχνολογία είναι ακόμα στα πολύ πρώιμα στάδια ανάπτυξης.

πηγή: https://el.wikipedia.org/wiki/Κβαντικός_υπολογιστής



Βασικές Αρχές Κβαντικών Υπολογιστών

- Η μνήμη ενός κλασικού ψηφιακού υπολογιστή αποτελείται από bit τα οποία μπορούν να αναπαραστήσουν την τιμή 1 ή 0. Ένα qubit μπορεί να αναπαραστήσει την τιμή 1, 0 ή οποιαδήποτε υπέρθεση αυτών των 2. Δύο qubits μπορούν να αναπαραστήσουν οποιαδήποτε υπέρθεση τεσσάρων δυνατών καταστάσεων, 3 qubits οποιαδήποτε υπέρθεση 8 καταστάσεων.
- Γενικά ένας κβαντικός υπολογιστής με n qubits μπορεί να βρίσκεται σε αυθαίρετη υπέρθεση των έως 2^n δυνατών καταστάσεων ταυτόχρονα, ενώ ένας κλασικός υπολογιστής μπορεί να βρίσκεται μόνο σε μια από αυτές τις καταστάσεις κάθε στιγμή.
- Ο κβαντικός υπολογιστής λειτουργεί θέτοντας τα qubits σε μια ελεγχόμενη αρχική κατάσταση που αναπαριστά το αρχικό πρόβλημα και χειρίζεται τα qubits χρησιμοποιώντας λογικές κβαντικές πύλες. Η αλληλουχία των πυλών που χρησιμοποιούνται ονομάζεται κβαντικός αλγόριθμος.

πηγή: https://el.wikipedia.org/wiki/Κβαντικός_υπολογιστής



Παράδειγμα Εφαρμογής Qubit

Ένα παράδειγμα εφαρμογής των qubits σε έναν κβαντικό υπολογιστή θα ξεκινούσε με την χρήση σωματιδίων με δύο καταστάσεις περιστροφής (spin):

- Στην πραγματικότητα οποιοδήποτε σύστημα έχει μια ποσότητα A , η οποία διατηρείται με την εξέλιξη του χρόνου και είναι τέτοια ώστε η A να έχει τουλάχιστον δύο διακριτές και επαρκώς καταναμημένες διαδοχικές ιδιοτιμές, είναι κατάλληλο για να υλοποιήσει ένα qubit.
- Αυτό συμβαίνει επειδή ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να χαρτογραφηθεί πάνω σε ένα αποτελεσματικό σύστημα με περιστροφή $1/2$ (spin- $1/2$).

πηγή: https://el.wikipedia.org/wiki/Κβαντικός_υπολογιστής

Σύγκριση bits και qubits (1/2)

Ένας υπολογιστής με έναν αριθμό qubits είναι θεμελιωδώς διαφορετικός από ένα κλασικό υπολογιστή με τον ίδιο αριθμό bits.

- Για παράδειγμα για να αναπαραστήσουμε την κατάσταση ενός συστήματος με n -qubits σε έναν κλασικό υπολογιστή χρειάζεται να αποθηκεύσουμε 2^n μιγαδικούς συντελεστές.
- Το γεγονός αυτό δείχνει ότι τα qubits μπορούν να αποθηκεύσουν εκθετικά περισσότερη πληροφορία από τα κλασικά bits, δεν πρέπει να παραβλέψουμε όμως το ότι τα qubits είναι μόνο μια πιθανολογική υπέρθεση όλων των πιθανών καταστάσεων τους.

πηγή: https://el.wikipedia.org/wiki/Κβαντικός_υπολογιστής

Σύγκριση bits και qubits (2/2)

- Αυτό σημαίνει ότι όταν μετρήσουμε την τελική κατάσταση των qubits θα βρίσκονται μόνο σε έναν από τους πιθανούς σχηματισμούς που βρίσκονταν πριν τη μέτρηση.
- Είναι λάθος να σκεφτόμαστε ότι τα qubits βρίσκονταν σε μία συγκεκριμένη κατάσταση πριν την μέτρηση εφόσον το γεγονός ότι ήταν σε μια υπέρθεση καταστάσεων πριν την μέτρηση επηρεάζει τα πιθανά αποτελέσματα του υπολογισμού.

πηγή: https://el.wikipedia.org/wiki/Κβαντικός_υπολογιστής

Κβαντικός Υπολογιστής 3-Bit

- Η κατάσταση ενός 3-bit-ου κβαντικού υπολογιστή περιγράφεται από ένα διάνυσμα με οκτώ διαστάσεις (a,b,c,d,e,f,g,h), που ονομάζεται ket.
- Ωστόσο, αντί το άθροισμα τους να είναι 1, το άθροισμα των τετραγώνων των συντελεστών, $|a|^2+|b|^2+\dots+|h|^2$, πρέπει να είναι 1. Επίσης οι συντελεστές μπορούν να έχουν σύνθετες τιμές.
- Το απόλυτο τετράγωνο των συντελεστών υποδηλώνει το πλάτος πιθανότητας των δοθέντων καταστάσεων, η φάση μεταξύ οποιονδήποτε δύο συντελεστών (καταστάσεις) αναπαριστά μια βαρυσημαντη παράμετρο, η οποία αναπαριστά μια θεμελιώδη διαφορά μεταξύ των κβαντικών υπολογιστών και των πιθανολογικών κλασικών υπολογιστών.

Πηγή: https://el.wikipedia.org/wiki/Κβαντικός_υπολογιστής



Λειτουργίες Κβαντικών Υπολογιστών (1/2)

- Παρότι μια κλασική κατάσταση τριών-bit και μια κβαντική κατάσταση τριών-bit είναι διανύσματα οκτώ διαστάσεων, τα διαχειριζόμαστε διαφορετικά για κλασικούς ή κβαντικούς υπολογισμούς.
- Και στις δύο περιπτώσεις το σύστημα πρέπει να αρχικοποιηθεί, για παράδειγμα στην μηδενική ακολουθία, $|000\rangle$ που αντιστοιχεί στο διάνυσμα $(0,0,1,0,0,0,0,0)$.
- Στον κλασικό τυχαιοποιημένο υπολογισμό, το σύστημα εξελίσσεται σύμφωνα με την εφαρμογή στοχαστικών μητρών, οι οποίες διαφυλάσσουν ότι οι πιθανότητες θα αθροίζουν στο 1. Αντίθετα στους κβαντικούς υπολογισμούς, επιτρέπονται λειτουργίες ενιαίας μήτρας, οι οποίες είναι αποδοτικές περιστροφές.

Πηγή: https://el.wikipedia.org/wiki/Κβαντικός_υπολογιστής

Λειτουργίες Κβαντικών Υπολογιστών (2/2)

- Τελικά, κατά τον τερματισμό του αλγορίθμου, το αποτέλεσμα πρέπει να διαβαστεί. Στην περίπτωση του κλασικού υπολογιστή έχουμε δείγμα από την κατανομή πιθανοτήτων πάνω σε έναν καταχωρητή τριών bit για να πάρει μια οριστική ακολουθία τριών bit, ας πούμε 000.
- Στην κβαντική μηχανική μετράμε τη κατάσταση τριών qubit, η οποία είναι ισοδύναμη με την κατάρρευση της κβαντικής κατάστασης σε κανονική κατανομή (με τους συντελεστές στην κλασική κατάσταση να είναι τετραγωνικά μεγέθη των συντελεστών για την κβαντική κατάσταση, όπως περιγράφηκε παραπάνω), ακολουθούμενη από δειγματοληψία από αυτήν την κατανομή.

Πηγή: https://el.wikipedia.org/wiki/Κβαντικός_υπολογιστής

Πλεονεκτήματα

- Μεγαλύτερη ταχύτητα.
- Τεράστια μνήμη.
- Απεριόριστη ισχύς.
- Λύση πολλών σύνθετων προβλημάτων ταυτόχρονα.



Μειονεκτήματα

- Δεν μπορούν να κάνουν όλα όσα κάνει ο σημερινός υπολογιστής (π.χ. επεξεργασία κειμένου ή web surfing). Είναι «εξειδικευμένοι» στην πολυεπεξεργασία δεδομένων.
- Έλλειψη κατάλληλων ανθεκτικών υλικών για την υλοποίηση της ιδέας του κβαντικού υπολογιστή. Τα μέχρι σήμερα υλικά δεν μπορούν να αντέξουν τις τεράστιες θερμοκρασίες που αναπτύσσονται λόγω των τεράστιων ταχυτήτων μεταφοράς δεδομένων, που συνεπάγεται μεγάλη εσωτερική «τριβή» των υλικών.
- Λόγω της μεγάλης αλληλεπίδρασης των qubits με το περιβάλλον είναι δύσκολο να απομονωθούν αυτά τα υλικά και επομένως να είναι λειτουργικά καθώς η αλληλεπίδραση των qubits με το περιβάλλον οδηγεί στην κατάρρευση της υπέρθεσης των καταστάσεων που περιγράφεται από μια κυματοσυνάρτηση (την εξίσωση του Schrödinger).

Κβαντικός Υπολογιστής D Wave One (1/2)

- Το D-Wave One, όπως ονομάζεται ο κβαντικός υπολογιστής, μοιάζει με ένα τεράστιο μαύρο κύβο ή ένα μαύρο μονόλιθο όπως τον αναφέρουν πολλοί, αφού η εμφάνιση του θυμίζει τον μονόλιθο της «Οδύσσειας του Διαστήματος» του Άρθουρ Κλαρκ.
- Η μόνη λεπτομέρεια που έχει γίνει γνωστή σχετικά με τον D-Wave One είναι ότι χρησιμοποιεί ένα υπεραγώγιμο τσιπ των 128 - qubit που ονομάζεται Rainier.
- Ο επεξεργαστής αυτός είναι θωρακισμένος με ειδικά φίλτρα για την προστασία του από κάθε εξωτερικό παράγοντα (π.χ. θόρυβο) ώστε να μην καθυστερεί η επεξεργασία.

Κβαντικός Υπολογιστής D Wave One (2/2)



Κβαντικός Υπολογιστής D Wave One

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:D-wave_computer_inside_of_the_Pleiades_supercomputer.jpg

Η προοπτική και το μέλλον των κβαντικών υπολογιστών (1/2)

- Οι κβαντικοί υπολογιστές δεν είναι κατάλληλοι για όλες τις υπολογιστικές διεργασίες. Παραδείγματος χάριν, δεν μπορούν να επιταχύνουν την επεξεργασία κειμένου ή την πλοήγηση στο διαδίκτυο.
- Το πιθανότερο είναι να χρησιμοποιηθούν υβρίδια κλασικών και κβαντικών υπολογιστών στο μέλλον.
- Η βασική μελλοντική τους εφαρμογή θα είναι η χρήση τους για την προστασία απόρρητων και προσωπικών δεδομένων γιατί θα είναι αδύνατο να μπορούν να εισέρχονται σε e-mails και τραπεζικούς λογαριασμούς χρηστών του διαδικτύου, λόγω της ασφάλειας που θα παρέχουν.



Η προοπτική και το μέλλον των κβαντικών υπολογιστών (2/2)

- Η αναζήτηση πληροφορίας στο διαδίκτυο θα διεξάγεται πολύ πιο γρήγορα, εφόσον υπάρχει κβαντικός αλγόριθμος αναζήτησης δεδομένων σε λίστα ο οποίος είναι μικρότερης τάξεως από τον αντίστοιχο κλασικό.
- Μία άλλη εφαρμογή που έχει χρήση και στην καθημερινή ζωή είναι η βελτίωση στη χρήση GPS δηλαδή συστημάτων που χρησιμοποιούνται σε αυτοκίνητα για να ανιχνεύεται μία θέση προς αναζήτηση.
- Αυτά τα συστήματα βασίζονται σε ρολόγια που λειτουργούν με βάση τις αρχές της κβαντομηχανικής.
- Οι κβαντικοί υπολογιστές θα μπορούν να βελτιώσουν αυτές τις ρυθμίσεις και η αναζήτηση με τα μηχανήματα να δίνει καλύτερα και πιο έγκυρα αποτελέσματα.



Ενότητα 5

Μέλλον Υπερυπολογιστών



Μαγική Σκόνη (1/3)

- Υπάρχουν πολύ τρόποι κατασκευής ενός υπερυπολογιστή και οι ερευνητές έχουν καταλήξει σε μια νέα μέθοδο για τον περιορισμό των δεδομένων σε τεράστια κλίμακα: χρησιμοποιώντας ένα είδος «μαγικής σκόνης» που παράγεται από κβαντικά σωματίδια που ονομάζονται πολαριτόνια.
- Η λεγόμενη «μαγική σκόνη» αποτελείται από κβαντικά σωματίδια, τα πολαριτόνια, που είναι μισά φως-μισά ύλη, και τα οποία μπορούν να δείξουν το δρόμο για την απλούστερη και ταχύτερη λύση των πιο πολύπλοκων προβλημάτων.

πηγή: <https://www.sciencealert.com/next-gen-supercomputers-could-run-on-magic-dust-made-from-light-and-matter>



Μαγική Σκόνη (2/3)

- Πρόκειται για μια καινοτόμο λύση, η οποία θα μπορούσε να αποτελέσει τη βάση για ένα πρωτοποριακό είδος υπερυπολογιστή, ικανού να λύνει προβλήματα που σήμερα θεωρούνται αδύνατο να λυθούν σε ποικίλα πεδία, όπως η βιοϊατρική, ο σχεδιασμός νέων υλικών, η χρηματοοικονομική και τα ρομποτικά διαστημικά ταξίδια.
- Τα πολαριτόνια θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε ένα νέο είδος υπερυπολογιστών ικανών να χειριστούν προηγουμένως ανεπίλυτα προβλήματα στους τομείς της βιολογίας, της χρηματοδότησης και των διαστημικών ταξιδιών.

πηγή: <https://www.sciencealert.com/next-gen-supercomputers-could-run-on-magic-dust-made-from-light-and-matter>



Μαγική Σκόνη (3/3)

- Η «μαγική σκόνη» από πολαριτόνια δημιουργείται, όταν ένα φως λέιζερ πέσει πάνω σε επιλεγμένα άτομα κάποιου χημικού στοιχείου, όπως γαλλίου, αρσενικού, ινδίου και αλουμινίου.
- Τα πολαριτόνια είναι δέκα χιλιάδες φορές ελαφρύτερα από τα ηλεκτρόνια και σχηματίζουν μια κατάσταση της ύλης γνωστή ως συμπύκνωμα Bose-Einstein.
- Σε αυτήν, οι κβαντικές φάσεις των πολαριτονίων συγχρονίζονται και δημιουργούν ένα μακροσκοπικό κβαντικό αντικείμενο, ανιχνεύσιμο μέσω μετρήσεων φωτοφωταύγειας.
- Η δυνατότητα ανίχνευσης των πολαριτονίων, αν συνδυαστεί με την υπολογιστική διαδικασία, επιτρέπει την εύρεση της καλύτερης δυνατής λύσης σε ένα πολύπλοκο πρόβλημα.

πηγή: <https://www.sciencealert.com/next-gen-supercomputers-could-run-on-magic-dust-made-from-light-and-matter>



Ενότητα 6

Ανάλυση Top 500 Υπερυπολογιστών



- Η λίστα **TOP500** ταξινομεί και απαριθμεί τους 500 πιο ισχυρούς ηλεκτρονικούς υπολογιστές του κόσμου.
- Το πρόγραμμα ξεκίνησε το 1993 και δημοσιεύει έναν ενημερωμένο κατάλογο των υπερυπολογιστών δύο φορές το χρόνο.
- Το πρόγραμμα στοχεύει να παρέχει μια αξιόπιστη βάση για και τις τάσεις εξέλιξης στον τομέα των υπολογιστών υψηλής απόδοσης και διενεργεί τις ταξινομήσεις του με βάση το HPL, μια φορητή εφαρμογή της συγκριτικής μέτρησης επιδόσεων LINPACK για υπολογιστές κατανεμημένης κεντρικής μνήμης.

- Συντάκτες του κατάλογου TOP500 είναι ο Χανς Μόιερ (γερμ. *Hans Meuer*) του πανεπιστημίου του Μανχάιμ της Γερμανίας, ο Τζακ Ντονγκάρρα (αγγλ. *Jack Dongarra*) του πανεπιστημίου του Τεννεσσί στην Νοξβίλλ και οι Έριχ Στόμάγιερ (γερμ. *Erich Strohmaier*) και Χορστ Ζίμον (γερμ. *Horst Simon*) του NERSC/Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Ο κατάλογος ενημερώνεται δύο φορές το χρόνο. Η πρώτη έκδοση συμπίπτει πάντα με τη διεθνή διάσκεψη υπερυπολογιστών τον Ιούνιο, η δεύτερη παρουσιάζεται το Νοέμβριο στη IEEE Super Computer Conference στις ΗΠΑ.



- Στις αρχές της δεκαετίας του '90, ένας νέος καθορισμός του όρου *υπερυπολογιστής* έγινε απαραίτητος ως βάση της περαιτέρω ταξινόμησης.
- Μετά από πολλούς πειραματισμούς με μετρικές βασισμένες στους επεξεργαστές του 1992, η ιδέα γεννήθηκε στο πανεπιστήμιο του Μανχάιμ να χρησιμοποιηθεί ως βάση ένας λεπτομερής κατάλογος των εγκατεστημένων συστημάτων.
- Νωρίς το 1993 ο Τζακ Ντονγκάρρα πείστηκε να πάρει μέρος στο πρόγραμμα και να παραθέσει το λογισμικό συγκριτικής μέτρησης επιδόσεων *Linpack*.



- Μια πρώτη δοκιμαστική έκδοση του καταλόγου ακολούθησε τον Μάιο του 1993, και ήταν εν μέρει βασισμένος σε στοιχεία διαθέσιμα στο διαδίκτυο, συμπεριλαμβανομένων των ακόλουθων πηγών:
- Στατιστικές υπερυπολογιστών του Μανχάιμ 1986-1992.
- Κατάλογος των παγκόσμια ισχυρότερων υπολογιστών που εξέδιδε ο Γκούντερ Άρεντ (γερμ. *Gunter Ahrendt*).
- Μια άλλη πηγή ήταν ο Ντέιβιντ Καχάνερ (αγγλ. *David Kahaner*), ο οποίος είχε μια μεγάλη βάση στοιχείων.
- Πληροφορίες από τις ίδιες πηγές χρησιμοποιήθηκαν για τους πρώτους δύο καταλόγους. Από τον Ιούνιο του 1993 το TOP500 παράγεται κάθε εξάμηνο με βάση τις επίσημες δηλώσεις των εκάστοτε κατασκευαστών υπερυπολογιστών.

Τι είναι το Linpack

- Τα Benchmarks LINPACK είναι ένα μέτρο της υπολογιστικής ισχύος ενός κινητού σημείου ενός συστήματος.
- Έγινε γνωστό από τον Τζακ Ντονγκάρρα.
- Μετράνε το πόσο γρήγορα ένας υπολογιστής λύνει ένα μεγάλο πλήθος n γραμμικών συστημάτων $Ax=b$.
- Μονάδα μέτρησης είναι το Flops/sec.



Ιστορία του Linpack (1/3)

- Η αναφορά LINPACK εμφανίστηκε πρώτη φορά το 1979 ως παράρτημα του εγχειριδίου χρήστη LINPACK.
- Το LINPACK σχεδιάστηκε για να βοηθήσει τους χρήστες να εκτιμήσουν το χρόνο που απαιτείται από τα συστήματά τους για την επίλυση ενός προβλήματος χρησιμοποιώντας το πακέτο LINPACK.
- Ο τρόπος με τον οποίο γινόταν αυτό ήταν εξάγοντας τα αποτελέσματα απόδοσης που έχουν αποκτηθεί από 23 διαφορετικούς υπολογιστές που επιλύουν ένα πρόβλημα μήτρας μεγέθους 100.



Αυτό το μέγεθος πίνακα επιλέχθηκε λόγω της μνήμης και των περιορισμών της CPU εκείνη την εποχή:

- 10.000 καταχωρήσεις πλωτού σημείου από -1 έως 1 παράγονται τυχαία για να συμπληρώσουν μια γενική, πυκνή μήτρα.
- Η αποσύνθεση LU με μερική περιστροφή χρησιμοποιείται για το χρονισμό.



Ιστορία του Linpack (3/3)

- Με την πάροδο των ετών απελευθερώθηκαν πρόσθετες εκδόσεις με διαφορετικά μεγέθη προβλημάτων, όπως πίνακες τάξης 300 και 1000 και περιορισμοί, επιτρέποντας νέες ευκαιρίες βελτιστοποίησης καθώς οι αρχιτεκτονικές υλικών άρχισαν να υλοποιούν πράξεις μήτρας-διανύσματος και μήτρας-μήτρας.
- Παράλληλη επεξεργασία εισήχθη επίσης στο παράλληλο benchmark LINPACK στα τέλη της δεκαετίας του 1980.
- Το 1991 η LINPACK τροποποιήθηκε για την επίλυση προβλημάτων αυθαίρετου μεγέθους, επιτρέποντας στους υπολογιστές υψηλής απόδοσης (HPC) να προσεγγίσουν τις ασυμπτωτικές επιδόσεις τους.
- Δύο χρόνια αργότερα αυτό το σημείο αναφοράς χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση της απόδοσης της πρώτης λίστας TOP500.



- Η απόδοση αναφοράς LINPACK μπορεί να προσφέρει μια καλή διόρθωση σε σχέση με την κορυφαία απόδοση που παρέχεται από τον κατασκευαστή.
- Η μέγιστη απόδοση είναι η μέγιστη θεωρητική απόδοση (R_{peak}) που μπορεί να επιτύχει ένας υπολογιστής, υπολογιζόμενη ως συχνότητα του μηχανήματος, σε κύκλους ανά δευτερόλεπτο, φορές τον αριθμό των λειτουργιών ανά κύκλο που μπορεί να εκτελέσει.
- Η πραγματική απόδοση (R_{peak}) θα είναι πάντα χαμηλότερη από την κορυφαία απόδοση (R_{max}).



Ενότητα 7

Ανάλυση Top 20 Υπερυπολογιστών



Cray XC40 (1/2)

Στη θέση 20 βρίσκεται ο Cray XC40 ο οποίος ανήκει στο Κέντρο μετεωρολογικών προβλέψεων του Ηνωμένου Βασιλείου.

- Εταιρία κατασκευής: Cray Inc.
- Πυρήνες: 241.920 πυρήνες.
- Μνήμη: 430.080 GB.
- Επεξεργαστής: Xeon E5-2695v4 18C χρονισμένος στα 2.1 GHz.



Cray XC40 (2/2)

- Linpack Performance (Rmax): 7,038.93 Tflop/s.
- Theoretical Peak (Rpeak): 8,128.51 Tflop/s.
- Nmax: 6,705.408.
- Λειτουργικό σύστημα: Cray Linux Environment.



Cray XC40, Ευρωπαϊκό Κεντρο Μετεωρολογικών Προβλέψεων Μεσαίας Εμβέλειας στην Μεγάλη Βρετανία.

<https://www.zdnet.com/article/weather-forecasting-supercomputer-gets-a-36m-upgrade/>

TSUBAME 3.0 – SGI ICE XA (1/2)

Στη θέση 19 βρίσκεται ο TSUBAME 3.0 – SGI ICE XA ο οποίος ανήκει στο Ινστιτούτο Τεχνολογίας GSIC center στο Τόκιο.

- Εταιρία κατασκευής: HPE.
- Πυρήνες: 135,828.
- Μνήμη: 137,984 GB.
- Επεξεργαστής: Xeon E5-2680v4 14C χρονισμένος στα 2.4 GHz.

TSUBAME 3.0 – SGI ICE XA (2/2)

- Linpack Performance (Rmax): 8,125 Tflop/s.
- Theoretical Peak (Rpeak): 12,127.1 Tflop/s.
- Nmax: 2,126,208.
- Λειτουργικό σύστημα: SUSE Linux Enterprise Server 12 SP1.



TSUBAME 3.0 – SGI ICE XA, Ινστιτούτο
Τεχνολογίας GSIC center, Τόκιο.

<https://www.titech.ac.jp/english/news/2017/038699.html>



Marconi Intel Xeon Phi – CINECA Cluster (1/2)

Στη θέση 18 βρίσκεται ο Marconi Intel Xeon Phi – CINECA Cluster ο οποίος ανήκει στο Ερευνητικό Κέντρο Επιστήμης CINECA στην Ιταλία.

- Εταιρία κατασκευής: Lenovo.
- Πυρήνες: 312,936.
- Μνήμη: 455,168 GB.
- Επεξεργαστής: Intel Xeon Phi 7250 68C χρονισμένος στα 1.4 GHz.



Marconi Intel Xeon Phi – CINECA Cluster (2/2)

- Linpack Performance (Rmax): 8,413.06 Tflop/s.
- Theoretical Peak (Rpeak): 16,212.9 Tflop/s.
- Nmax: 7,415,184.
- Λειτουργικό σύστημα: Linux.



Marconi Intel Xeon Phi – CINECA Cluster,
Ερευνητικό Κέντρο Επιστήμης CINECA στην
Ιταλία.

<https://www.flickr.com/photos/cineca/31281911316>

Mira – BlueGene/Q (1/2)

Στη θέση 17 βρίσκεται ο Mira – BlueGene/Q ο οποίος ανήκει στο Εθνικό Εργαστήριο της Argonne στις Η.Π.Α.

- Εταιρία κατασκευής: IBM.
- Πυρήνες: 786,432.
- Μνήμη: 768,432 GB.
- Επεξεργαστής: Power BQC 16C χροнисμένος στα 1.6 GHz.



Mira – BlueGene/Q (2/2)

- Linpack Performance (Rmax): 8,586.61 Tflop/s.
- Theoretical Peak (Rpeak): 10,066.3 Tflop/s.
- Nmax: 5,324,524.
- Λειτουργικό σύστημα: Linux.



Mira – BlueGene/Q, Εθνικό Εργαστήριο της Argonne στις Η.Π.Α.

<https://www.flickr.com/photos/argonne/8468039745/>



K - Computer (1/2)

Στη θέση 16 βρίσκεται ο K – Computer ο οποίος ανήκει στο Ινστιτούτο Έρευνας RIKEN στην Ιαπωνία.

- Εταιρία κατασκευής: Fujitsu.
- Πυρήνες: 705,024.
- Μνήμη: 1,410,048 GB.
- Επεξεργαστής: SPARC64 Viiiifx 8C χρονισμένος στα 2.0 GHz.

K - Computer (2/2)

- Linpack Performance (Rmax): 10,510 Tflop/s.
- Theoretical Peak (Rpeak): 11,280.4 Tflop/s.
- Nmax: 11,870,208.
- Λειτουργικό σύστημα: Linux.



K - Computer, Ινστιτούτο Έρευνας RIKEN στην Ιαπωνία.

https://en.wikipedia.org/wiki/K_computer



Stampede2 – PowerEdge C6320P/C6420 (1/2)

Στη θέση 15 βρίσκεται ο Stampede2 – PowerEdge C6320P/C6420 ο οποίος ανήκει στο Κέντρο Προχωρημένης Υπολογιστικής του Πανεπιστημίου του Τέξας στις Η.Π.Α.

- Εταιρία κατασκευής: Dell EMC.
- Πυρήνες: 367,024.
- Μνήμη: 736,512 GB.
- Επεξεργαστής: Intel Xeon Phi 7250 68C χρονισμένος στα 1.4 GHz.



Stampede2 – PowerEdge C6320P/C6420 (2/2)

- Linpack Performance (Rmax): 10,680.7 Tflop/s.
- Theoretical Peak (Rpeak): 18,309.2 Tflop/s.
- Nmax: 8,242,944.
- Λειτουργικό σύστημα: CentOS.



Stampede2 – PowerEdge C6320P/C6420,
Κέντρο Προχωρημένης υπολογιστικής του
Πανεπιστημίου του Τέξας στις Η.Π.Α.

<https://www.512tech.com/technology/adds-tech-resume-with-debut-stampede-world-12th-fastest-supercomputer/e58jMnqTjn6JJvmTvhYFRM/>

Στη θέση 14 βρίσκεται ο Tera-1000-2 – Bull Sequana X1000 ο οποίος ανήκει στην Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (CEA) στην Γαλλία.

- Εταιρία κατασκευής: Bull.
- Πυρήνες: 561,408.
- Μνήμη: 1,585,152 GB.
- Επεξεργαστής: Intel Xeon Phi 7250 68C χρονισμένος στα 1.4 GHz.

Tera-1000-2 – Bull Sequana X1000 (2/2)

- Linpack Performance (Rmax): 11,965.5 Tflop/s.
- Theoretical Peak (Rpeak): 23,396.4 Tflop/s.
- Nmax: 10,321,920.
- Λειτουργικό σύστημα: Bullx SCS.



Tera-1000-2 – Bull Sequana X1000, Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (CEA) στη Γαλλία.

<https://insidehpc.com/tag/bull/>

Στη θέση 13 βρίσκεται ο HPC4 – Proliant DL380 Gen10 ο οποίος ανήκει στην πολυεθνική εταιρία ενέργειας Eni S.p.a. στην Ιταλία.

- Εταιρία κατασκευής: HPE.
- Πυρήνες: 253,600.
- Μνήμη: 304,320 GB.
- Επεξεργαστής: Xeon Platinum 8160 24C χροнисμένος στα 2.1 GHz.

HPC4 – Proliant DL380 Gen10 (2/2)

- Linpack Performance (Rmax): 12,210 Tflop/s.
- Theoretical Peak (Rpeak): 18,621.1 Tflop/s.
- Nmax: 5,947,392.
- Λειτουργικό σύστημα: RHEL 7.4.



HPC4 – Proliant DL380 Gen10, πολυεθνική εταιρία ενέργειας Eni S.p.a. στην Ιταλία.

<https://lolade.blog/2018/07/13/meet-the-worlds-most-powerful-computers/>

Oakforest-PACS – PRIMERGY CX1640 M1 (1/2)

Στη θέση 12 βρίσκεται ο Oakforest-PACS – PRIMERGY CX1640 M1 ο οποίος ανήκει σε Κέντρο για Προχωρημένη Υπολογιστική Υψηλής Απόδοσης στην Ιαπωνία.

- Εταιρία κατασκευής: Fujitsu.
- Πυρήνες: 556,104.
- Μνήμη: 919,296 GB.
- Επεξεργαστής: Intel Xeon Phi 7250 68C χρονισμένος στα 1.4 GHz.

Oakforest-PACS – PRIMERGY CX1640 M1 (2/2)

- Linpack Performance (Rmax): 13,554.6 Tflop/s.
- Theoretical Peak (Rpeak): 24,913.5 Tflop/s.
- Nmax: 9,938,880.
- Λειτουργικό σύστημα: Linux.



Oakforest - PACS – PRIMERGY CX1640 M1,
Κέντρο Υπολογιστικής Υψηλής Απόδοσης στην
Ιαπωνία.

<http://blog.livedoor.jp/bluejay01-review/archives/50133953.html>

Nurion – Cray CS500 (1/2)

Στη θέση 11 βρίσκεται ο Nurion – Cray CS500 ο οποίος ανήκει στο Ινστιτούτο Επιστήμης και Τεχνολογίας στην Νότιο Κορέα.

- Εταιρία κατασκευής: Cray Inc.
- Πυρήνες: 570,020.
- Μνήμη: 570,020 GB.
- Επεξεργαστής: Intel Xeon Phi 7250 68C χρονισμένος στα 1.4 GHz.



Nurion – Cray CS500 (2/2)

- Linpack Performance (Rmax): 13,929.3 Tflop/s.
- Theoretical Peak (Rpeak): 25,705.9 Tflop/s.
- Nmax: 10,076,976.
- Λειτουργικό σύστημα: CentOS.



Nurion – Cray CS500 , Ινστιτούτο Επιστήμης και Τεχνολογίας στην Νότιο Κορέα.

<https://www.servethehome.com/cray-cs500-supercomputer-platform-now-features-amd-epyc/>

Cori – Cray XC40 (1/2)

Στη θέση 10 βρίσκεται ο Cori – Cray XC40 ο οποίος ανήκει στο Εθνικό Ερευνητικό Κέντρο Επιστήμης και Ενέργειας στις Η.Π.Α.

- Εταιρία κατασκευής: Cray Inc.
- Πυρήνες: 622,336.
- Μνήμη: 878,592 GB.
- Επεξεργαστής: Intel Xeon Phi 7250 68C χρονισμένος στα 1.4 GHz.



Cori – Cray XC40 (2/2)

- Linpack Performance (Rmax): 14,014.7 Tflop/s.
- Theoretical Peak (Rpeak): 27,880.7 Tflop/s.
- Nmax: 6,984,960.
- Λειτουργικό σύστημα: Cray Linux Environment.



Cori – Cray XC40 , DOE/SC/LBNL/NERSC Εθνικό Ερευνητικό Κέντρο Επιστήμης και Ενέργειας στις Η.Π.Α.

<https://science.energy.gov/ascr/facilities/user-facilities/nersc/>

Trinity – Cray XC40 (1/2)

Στη θέση 9 βρίσκεται ο Trinity – Cray XC40 ο οποίος ανήκει στο Εθνικό Ερευνητικό Κέντρο Επιστήμης και Ενέργειας στις Η.Π.Α.

- Εταιρία κατασκευής: Cray Inc.
- Πυρήνες: 979,968.
- Μνήμη: 878,592 GB.
- Επεξεργαστής: Intel Xeon Phi 7250 68C χρονισμένος στα 1.4 GHz.



Trinity – Cray XC40 (2/2)

- Linpack Performance (Rmax): 14,137.3 Tflop/s.
- Theoretical Peak (Rpeak): 43,902.6 Tflop/s.
- Nmax: 7,176,192.
- Λειτουργικό σύστημα: Cray Linux Environment.



Trinity – Cray XC40, DOE/SC/LBNL/NERSC
Εθνικό Ερευνητικό Κέντρο Επιστήμης και Ενέργειας
στις Η.Π.Α.

<https://insidehpc.com/2014/07/cray-wins-174-million-contract-trinity-supercomputer-based-knights-landing/>

Sequoia – BlueGene/Q (1/2)

Στη θέση 8 βρίσκεται ο Sequoia – BlueGene/Q ο οποίος ανήκει στο Εθνικό Εργαστήριο του Lawrence Livermore στις Η.Π.Α.

- Εταιρία κατασκευής: IBM.
- Πυρήνες: 1,572,864.
- Μνήμη: 1,572,864 GB.
- Επεξεργαστής: Power BQC 16C χροнисμένος στα 1.6GHz.



Sequoia – BlueGene/Q (2/2)

- Linpack Performance (Rmax): 17,173.2 Tflop/s.
- Theoretical Peak (Rpeak): 20,132.7 Tflop/s.
- Nmax: 3,325,234.
- Λειτουργικό σύστημα: Linux.



Sequoia – BlueGene/Q, DOE/NNSA/LBNL Εθνικό Εργαστήριο Lawrence Livermore στις Η.Π.Α.

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sequoia6.1000pix.jpg>

Titan – Cray XK7 (1/2)

Στη θέση 7 βρίσκεται ο Titan – Cray XK7 ο οποίος ανήκει στο Εθνικό Εργαστήριο του Oak Ridge στις Η.Π.Α.

- Εταιρία κατασκευής: Cray Inc.
- Πυρήνες: 560,640.
- Μνήμη: 710,144 GB.
- Επεξεργαστής: Opteron 6274 16C χρονισμένος στα 2.2GHz.



Titan – Cray XK7 (2/2)

- Linpack Performance (Rmax): 17,590 Tflop/s.
- Theoretical Peak (Rpeak): 27,112.5 Tflop/s.
- Nmax: 5,356,564.
- Λειτουργικό σύστημα: Cray Linux Environment.



Titan – Cray XK7, DOE/SC Εθνικό Εργαστήριο του Oak Ridge στις Η.Π.Α.

<http://www.olcf.ornl.gov/titan/>

Στη θέση 6 βρίσκεται ο Titan – Cray XK7 ο οποίος ανήκει στο εθνικό κέντρο υπερυπολογιστικής (CSCS) στην Ελβετία.

- Εταιρία κατασκευής: Cray Inc.
- Πυρήνες: 361,760.
- Μνήμη: 340,480 GB.
- Επεξεργαστής: Xeon E5-2690v3 12C χρονισμένος στα 2.6GHz.



Piz Daint – Cray XC50 (2/2)

- Linpack Performance (Rmax): 19,590 Tflop/s.
- Theoretical Peak (Rpeak): 25,326.3 Tflop/s.
- Nmax: 3,569,664.
- Λειτουργικό σύστημα: Cray Linux Environment.



Piz Daint – Cray XC50 , (CSCS) Εθνικό κέντρο Υπερυπολογιστικής στην Ελβετία.

<https://www.pcworld.com/article/3141449/hardware/cray-aims-for-the-500-petaflop-mark-with-xc50-supercomputer.html>

Στη θέση 5 βρίσκεται ο AI Bridging Cloud Infrastructure – PRIMERGY CX2550 M4 ανήκει στο Εθνικό Ινστιτούτο Προχωρημένης Επιστήμης και Τεχνολογίας στην Ιαπωνία.

- Εταιρία κατασκευής: Fujitsu.
- Πυρήνες: 391,680.
- Μνήμη: 417,792 GB.
- Επεξεργαστής: Xeon Gold 6148 20C χρονισμένος στα 2.4GHz.



AI Bridging Cloud Infrastructure – PRIMERGY CX2550 M4 (2/2)

- Linpack Performance (Rmax): 19,880 Tflop/s.
- Theoretical Peak (Rpeak): 32,576.6 Tflop/s.
- Nmax: 3,569,664.
- Λειτουργικό σύστημα: Linux.



AI Bridging Cloud Infrastructure – PRIMERGY CX2550 M4, (AIST) Εθνικό Ινστιτούτο Προχωρημένης Επιστήμης και Τεχνολογίας στην Ιαπωνία.

<https://techstunt.com/fujitsus-ai-bridging-cloud-infrastructure-abci-system-stands-5th-in-the-list-of-international-performance-ranking-of-supercomputers/>

Στη θέση 4 βρίσκεται ο Tianhe-2A – TH – IVV-FEP Cluster ανήκει στο Εθνικό Κέντρο Υπερυπολογιστικής στην Κίνα.

- Εταιρία κατασκευής: NUDT.
- Πυρήνες: 4,981,760.
- Μνήμη: 2,277,376 GB.
- Επεξεργαστής: Intel Xeon E5-2692v2 12C χροнисμένος στα 2.2GHz.



Tianhe-2A – TH – IVV-FEP Cluster (2/2)

- Linpack Performance (Rmax): 61,444.5 Tflop/s.
- Theoretical Peak (Rpeak): 100,697 Tflop/s.
- Nmax: 9,773,000.
- Λειτουργικό σύστημα: Kylin Linux.



Tianhe-2A – TH – IVV-FEP Cluster Εθνικό Κέντρο
Υπερυπολογιστικής στην Κίνα.

<https://www.top500.org/featured/systems/tianhe-2/>

Sierra – IBM Power System S922LC (1/2)

Στη θέση 3 βρίσκεται ο Sierra – IBM Power System S922LC ανήκει στο Εθνικό Εργαστήριο του Lawrence Livermore στις Η.Π.Α.

- Εταιρία κατασκευής: IBM.
- Πυρήνες: 1,572,480.
- Μνήμη: 1,382,400 GB.
- Επεξεργαστής: IBM POWER9 22C χρονισμένος στα 3.1GHz.



Sierra – IBM Power System S922LC (2/2)

- Linpack Performance (Rmax): 71,610 Tflop/s.
- Theoretical Peak (Rpeak): 119,194 Tflop/s.
- Nmax: 10,321,920.
- Λειτουργικό σύστημα: Red Hat Enterprise Linux.



Sierra – IBM Power System S922LC
DOE/NNSA/LLNL, Εθνικό Εργαστήριο
του Lawrence Livermore στις Η.Π.Α.

<https://computation.llnl.gov/computers/sierra>

Sunway TaihuLight - Sunway MPP (1/2)

Στη θέση 2 βρίσκεται ο Sunway TaihuLight - Sunway MPP ανήκει στο Εθνικό Κέντρο Υπερυπολογιστικής στο Wuxi στη Κίνα.

- Εταιρία κατασκευής: NRCPC.
- Πυρήνες: 10,649,600.
- Μνήμη: 1,310,720 GB.
- Επεξεργαστής: Sunway SW26010 260C χρονισμένος στα 1.45GHz.



Sunway TaihuLight - Sunway MPP (2/2)

- Linpack Performance (Rmax): 93,014.6 Tflop/s.
- Theoretical Peak (Rpeak): 125,436 Tflop/s.
- Nmax: 12,288,000.
- Λειτουργικό σύστημα: Sunway RaiseOS 2.0.5.



Sunway TaihuLight - Sunway MPP, Εθνικό Κέντρο
Υπερυπολογιστικής στην Κίνα.

<https://www.panjury.com/trials/Sunway-TaihuLight#NaN>

Summit - IBM Power System AC922 (1/2)

Στη θέση 1 βρίσκεται ο Summit - IBM Power System AC922 ανήκει στο Εθνικό Εργαστήριο του Oak Ridge στις Η.Π.Α.

- Εταιρία κατασκευής: IBM.
- Πυρήνες: 2,282,554.
- Μνήμη: 2,801,664 GB.
- Επεξεργαστής: IBM POWER0 22C χρονισμένος στα 3.07GHz.



Summit - IBM Power System AC922 (2/2)

- Linpack Performance (Rmax): 122,300 Tflop/s.
- Theoretical Peak (Rpeak): 187,659 Tflop/s.
- Nmax: 13,989,888.
- Λειτουργικό σύστημα: RHEL 7.4.



Summit - IBM Power System AC922, ο DOE/SC, Εθνικό Εργαστήριο του Oak Ridge στις Η.Π.Α.

<https://phys.org/news/2018-06-ornl-summit-supercomputer.html>

Ενότητα 8
A.R.I.S. Hellas Supercomputer



Τι είναι το A.R.I.S. (1/2)

- Το **A.R.I.S. (Advanced Research Information System)** είναι το **ισχυρότερο υπολογιστικό σύστημα στην Ελλάδα**.
- Η κατασκευή του A.R.I.S. ξεκίνησε με την δημιουργία ενός προπαρασκευαστικού έργου το 2010 το οποίο ονομαζόταν Hellas HPC.
- Ελληνικά πανεπιστήμια και Ερευνητικά Κέντρα, σε συνεργασία με το ΕΔΕΤ (Εθνικό Δίκτυο Έρευνας και Τεχνολογίας) σχεδίασαν και υλοποίησαν τον A.R.I.S. ο οποίος τέθηκε σε λειτουργία τον Ιούλιο του 2015.

πηγή: <https://hpc.grnet.gr/supercomputer/>



Τι είναι το A.R.I.S. (2/2)

- Το συνολικό κόστος του ήταν 2,6 εκατ. ευρώ και σε αυτό περιλαμβάνονται το σύστημα κλιματισμού, το σύστημα παρακολούθησης, το κόστος εγκατάστασης και οι εκπαιδεύσεις του προσωπικού.
- Όλο το σύστημα του A.R.I.S. βρίσκεται εγκαταστημένο στο Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων.



A.R.I.S.(Advanced Research Information System),
Hellas Supercomputer.

πηγή: <https://hpc.grnet.gr/supercomputer/>

Αρχιτεκτονική (1/5)

- Ο A.R.I.S. λειτουργεί με σύστημα IBM NextScale. Έχει μέγιστη υπολογιστική ισχύ 444 TeraFlops, μπορεί δηλαδή να εκτελεί 444 τρισεκατομμύρια μαθηματικές πράξεις το δευτερόλεπτο.
- Διαθέτει τέσσερις «νησίδες» (ομάδες «κόμβων» - υποδικτύων), ώστε να επεξεργάζεται και να αποθηκεύει δεδομένα.



Εσωτερικό του A.R.I.S.

πηγή: <https://hpc.grnet.gr/supercomputer/>

Αρχιτεκτονική (2/5)

Ο A.R.I.S. συνδυάζει 4 διαφορετικές αρχιτεκτονικές διαμοιρασμένες σε αντίστοιχες “νησίδες κόμβων” αναλυτικά, η υποδομή αποτελείται από:

- Μία νησίδα (thin nodes) βασίζεται στην πλατφόρμα IBM NeXtScale και τους επεξεργαστές Intel Xeon E5-2680v2. Διαθέτει 426 υπολογιστικούς κόμβους και προσφέρει συνολικά 8.520 πυρήνες (CPU cores).
- Οι κόμβοι αυτοί είναι κατάλληλοι για εφαρμογές υψηλής παραλληλίας που μπορούν να σπάσουν τα δεδομένα τους σε πολλά μικρά κομμάτια πριν τα επεξεργαστούν.

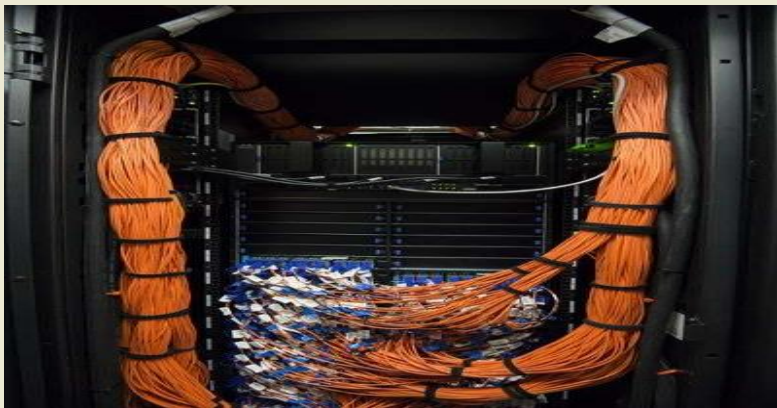


Εσωτερικό του A.R.I.S

πηγή: <https://hpc.grnet.gr/supercomputer/>

Αρχιτεκτονική (3/5)

- Μια νησίδα κόμβων μεγάλης μνήμης (fat nodes) που αποτελείται από 44 εξυπηρετητές Dell PowerEdge R820. Κάθε εξυπηρετητής προσφέρει 4 επεξεργαστές Intel Xeon E5-4650v2 και 512 GB κεντρικής μνήμης.
- Οι κόμβοι αυτοί είναι κατάλληλοι για εφαρμογές που χρειάζονται πολύ μεγάλη κεντρική μνήμη και όχι τόσο για υψηλή κλιμάκωση.



Εσωτερικό του A.R.I.S.

πηγή: <https://hpc.grnet.gr/supercomputer/>

Αρχιτεκτονική (4/5)

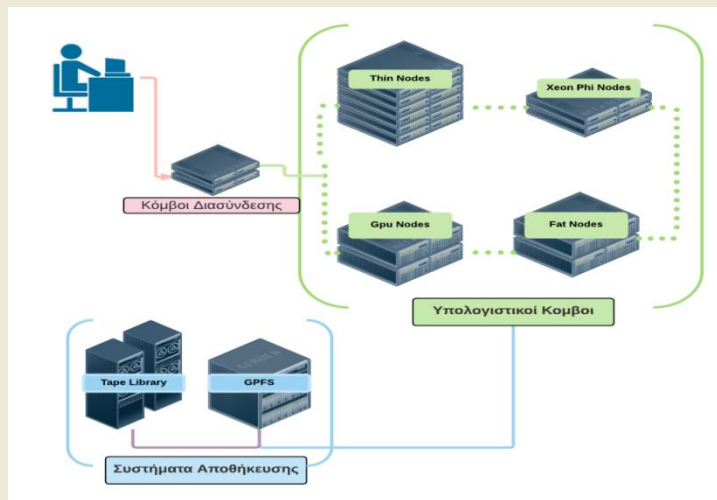
- Μια νησίδα κόμβων επιταχυντών GPU που αποτελείται από 44 εξυπηρετητές Dell PowerEdge R730. Κάθε εξυπηρετητής περιέχει 2 επεξεργαστές Intel Xeon E5-2660v3, 64 GB μνήμης και 2 κάρτες GPU NVidia K40.
- Οι κόμβοι αυτοί είναι κατάλληλοι για εφαρμογές που υλοποιούν υπολογιστικές πράξεις που μπορούν να αξιοποιήσουν τις κάρτες γραφικών ως συνεπεξεργαστές για επιτάχυνση των υπολογισμών.
- Μια νησίδα κόμβων επιταχυντών Xeon Phi που αποτελείται από 18 εξυπηρετητές Dell PowerEdge R730, καθένας εκ των οποίων περιέχει 2 επεξεργαστές Intel Xeon E5-2660v3, 64 GB μνήμης και 2 συνεπεξεργαστές Intel Xeon Phi 7120P.
- Είναι κατάλληλη για παράλληλες εφαρμογές που αξιοποιούν την τεχνολογία συνεπεξεργαστών της Intel Xeon Phi.

πηγή: <https://hpc.grnet.gr/supercomputer/>



Αρχιτεκτονική (5/5)

- Μια νησίδα κόμβων είναι μια ομάδα υπολογιστικών μονάδων οι οποίες έχουν όμοια αρχιτεκτονική, μοιράζονται το ίδιο δίκτυο επικοινωνίας και έχουν πρόσβαση σε κοινό σύστημα αρχείων.



Νησίδα Κόμβων

πηγή: <https://hpc.grnet.gr/supercomputer/>

Σύστημα Αποθήκευσης (1/3)

- Τα προγράμματα που τρέχουν σε υπερυπολογιστές παράγουν δυνητικά έναν τεράστιο όγκο δεδομένων, που μπορεί να είναι πολύ δύσκολο για τα τυπικά συστήματα αρχείων και την υποδομή αποθήκευσης να τα διαχειριστούν.
- Τα συνηθισμένα συστήματα αρχείων δεδομένων, μπορεί να έχουν ένα ανώτατο όριο για το μέγεθος του αρχείου, τον αριθμό των αρχείων ή τον συνολικό χώρο αποθήκευσης.
- Τα συστήματα αρχείων που χρησιμοποιούνται στους υπερυπολογιστές έχουν τη δυνατότητα να επεκτείνονται, να μεταφέρουν γρήγορα μεγάλο όγκο δεδομένων και να είναι προσβάσιμα ταυτόχρονα από όλες τις νησίδες κόμβων.

πηγή: <https://hpc.grnet.gr/supercomputer/>



Σύστημα Αποθήκευσης (2/3)

- Ο A.R.I.S. για το σύστημα αρχείων του υλοποιεί την τεχνολογία General Parallel File System (GPFS) της IBM προσφέροντας 2 PetaBytes αποθηκευτικού χώρου στους χρήστες του.
- Εκτός από τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται άμεσα, οι ερευνητές συχνά διατηρούν ιστορικά δεδομένα για σύγκριση ή ως σημείο εκκίνησης για μελλοντικές εργασίες. Τα παλαιότερα δεδομένα διατηρούνται σε αρχειακά συστήματα αποθήκευσης.
- Ένα παράδειγμα αρχειακής αποθήκευσης (archiving) είναι το μαγνητικό σύστημα αποθήκευσης ταινίας, η οποία μπορεί να αποθηκεύσει αρκετά petabytes (εκατομμύρια gigabytes) δεδομένων.

πηγή: <https://hpc.grnet.gr/supercomputer/>



Σύστημα Αποθήκευσης (3/3)

- Η υποδομή A.R.I.S. διαθέτει βιβλιοθήκη ταινιών IBM TS3500 μέγιστης αποθηκευτικής δυνατότητας που ξεπερνά τα 2 PetaByte. Η βιβλιοθήκη χρησιμοποιείται από τους ερευνητές για αρχειοθέτηση των δεδομένων για μεγάλες χρονικές περιόδους (αρκετά χρόνια).



Σύστημα Αποθήκευσης του
A.R.I.S.

πηγή: <https://hpc.grnet.gr/supercomputer/>



Λειτουργικό Σύστημα (1/2)

- Το A.R.I.S. χρησιμοποιεί το λειτουργικό σύστημα Linux στις διανομές (distributions) RedHat 6.9 και Centos 6.9. Η αλληλεπίδραση με το σύστημα γίνεται μέσω γραμμής εντολών και όχι από γραφικό περιβάλλον (όπως τυπικά γίνεται π.χ. σε ένα σύστημα MS Windows).
- Η γραμμή εντολών Linux είναι ένα ισχυρό εργαλείο με σημαντικά περισσότερες δυνατότητες έναντι του γραφικού περιβάλλοντος. Για τη χρήση του συστήματος είναι απαραίτητη η γνώση των βασικότερων εντολών που θα χρησιμοποιηθούν κατά τη σύνδεση, τη μεταφορά των αρχείων, τη μεταγλώττιση εφαρμογών και την εκτέλεση εργασιών στο σύστημα. Ο μόνος τρόπος σύνδεσης στο σύστημα γίνεται με χρήση του πρωτοκόλλου ssh (secure shell).
- Το ssh επιτρέπει σε ένα χρήστη να συνδεθεί μέσω Internet από τον δικό του υπολογιστή και να χρησιμοποιήσει έναν απομακρυσμένο υπολογιστή από τη γραμμή εντολής, ακριβώς όπως θα δούλευε στο δικό του τοπικό σύστημα.

πηγή: <https://hpc.gnet.gr/supercomputer/>



Λειτουργικό Σύστημα (2/2)

- Η σύνδεση στο σύστημα δε γίνεται με κωδικό πρόσβασης (password) αλλά χρησιμοποιείται τεχνολογία δημοσίου κλειδιού (public key cryptography).
- Κάθε χρήστης έχει ένα μοναδικό κλειδί το οποίο το ssh το χρησιμοποιεί μαζί με το όνομα χρήστη, αντί κωδικού για τη σύνδεση. Η πρόσβαση γίνεται από τον υπολογιστή του χρήστη στους κόμβους διασύνδεσης (login nodes) του A.R.I.S.
- Οι κόμβοι διασύνδεσης είναι οι μόνοι κόμβοι του συστήματος A.R.I.S. οι οποίοι έχουν σύνδεση με το Internet. Από εκεί αποστέλλονται οι εργασίες για εκτέλεση σε μία από τις νησίδες υπολογιστικών κόμβων.

πηγή: <https://hpc.gnet.gr/supercomputer/>

Προφίλ Εφαρμογών που τρέχουν στο A.R.I.S. (1/6)

- Κατάλληλες εφαρμογές για το σύστημα A.R.I.S. είναι αυτές που μπορούν να υλοποιηθούν υιοθετώντας κάποιο μοντέλο παράλληλης επεξεργασίας.
- Μια παράλληλη εφαρμογή κατά την εκτέλεσή της διαχωρίζεται σε εκατοντάδες ή και χιλιάδες επιμέρους διεργασίες, οι οποίες εκτελούνται ταυτόχρονα και συνεργατικά επιλύουν ένα κοινό πρόβλημα.
- Οι διεργασίες αυτές για να επιλύσουν το πρόβλημα πρέπει να έχουν πρόσβαση στα ίδια δεδομένα και να επικοινωνούν μεταξύ τους ανταλλάσσοντας αποτελέσματα.
- Ανάλογα με τον τρόπο που επιτυγχάνεται αυτή η επικοινωνία μπορούμε να διαφοροποιήσουμε τον τρόπο που σχεδιάζονται και αναπτύσσονται οι εφαρμογές αυτές και τα εργαλεία προγραμματισμού που πρέπει να χρησιμοποιηθούν.

πηγή: <https://hpc.grnet.gr/supercomputer/>



- Υπάρχουν δύο διαδεδομένα μοντέλα ανάπτυξης παράλληλων εφαρμογών: το μοντέλο κοινής μνήμης (shared memory) και το μοντέλο κατανεμημένης κοινής μνήμης (distributed memory).
- Σε ένα σύστημα κοινής μνήμης, η κεντρική μνήμη μπορεί να προσπελαστεί από όλες τις διεργασίες, ενώ σε ένα σύστημα κατανεμημένης μνήμης, η μνήμη δεν είναι προσβάσιμη μεταξύ διαφορετικών διεργασιών και η επικοινωνία μεταξύ των διεργασιών γίνεται με ανταλλαγή μηνυμάτων.
- Σε αυτού του είδους τις εφαρμογές μεγάλη σημασία παίζει το δίκτυο που συνδέει τους υπολογιστικούς κόμβους μέσω του οποίου γίνεται η ανταλλαγή των μηνυμάτων μεταξύ διεργασιών.

πηγή: <https://hpc.grnet.gr/supercomputer/>



Προφίλ Εφαρμογών που τρέχουν στο A.R.I.S. (3/6)

- Η ανάπτυξη εφαρμογών σε συστήματα κοινής μνήμης γίνεται με τη βοήθεια του προτύπου OpenMP, ενώ στα συστήματα κατανεμημένης μνήμης βρίσκει εφαρμογή το πρότυπο MPI (Message Passing Interface). Σε πολλές περιπτώσεις οι εφαρμογές αναπτύσσονται με τέτοιο τρόπο ώστε να συνδυάζουν και τα δύο παραπάνω μοντέλα επικοινωνίας.
- Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται η χρήση της μονάδας επεξεργασίας γραφικών (Graphical Processing Unit – GPU) για τον υπολογισμό αριθμητικά απαιτητικών αλγορίθμων.
- Η GPU έχει ως πρωταρχικό στόχο την επεξεργασία δισδιάστατων και τρισδιάστατων γραφικών που εμφανίζονται στην οθόνη, κάτι που απαιτεί την ταυτόχρονη εφαρμογή εντολών σε μεγάλο όγκο δεδομένων.
- Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της παράλληλης επεξεργασίας, πάνω στην οποία στηρίχτηκε η κατασκευή της GPU.

πηγή: <https://hpc.grnet.gr/supercomputer/>



Προφίλ Εφαρμογών που τρέχουν στο A.R.I.S. (4/6)

- Το A.R.I.S. διαθέτει επεξεργαστικές μονάδες GPU της εταιρίας παραγωγής NVIDIA. Για την εκτέλεση γενικών πράξεων στις κάρτες γραφικών, η NVIDIA, παρέχει τη προγραμματιστική διεπαφή API: CUDA (Compute Unified Device Architecture).
- Οι γλώσσες προγραμματισμού που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη παράλληλων εφαρμογών είναι στις περισσότερες περιπτώσεις, οι συνηθισμένες γλώσσες γενικού σκοπού, όπως η C/C++ ή Fortran που επεκτείνονται με εξειδικευμένες βιβλιοθήκες ώστε να υποστηρίζουν την παραλληλία MPI, OpenMP, CUDA.
- Οι προγραμματιστές πρέπει να σχεδιάσουν την εφαρμογή τους με τέτοιο τρόπο ώστε να λειτουργούν σε μορφή παράλληλων συνεργατικών διεργασιών χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες που προσφέρουν οι βιβλιοθήκες MPI και OpenMP.

πηγή: <https://hpc.grnet.gr/supercomputer/>



- Εφαρμογές ανά Επιστημονικό Πεδίο:
 - Χημεία: Μελέτη των ιδιοτήτων των ατόμων, μελέτη των ιδιοτήτων των χημικών ενώσεων, σχεδιασμός νέων υλικών.
 - Βιοχημεία: Μελέτη των βιολογικών εργασιών των οργανισμών, ανακάλυψη νέων φαρμάκων.
 - Φυσική: Προσομοίωση φαινομένων του μικρόκοσμου, προσομοίωση φαινομένων της Γης, προσομοίωση φαινομένων του Σύμπαντος.

πηγή: <https://hpc.grnet.gr/supercomputer/>



- Κλιματολογία: Μελέτη παραγόντων που επηρεάζουν το κλίμα στην Ελλάδα, μελέτη κλιματολογικών αλλαγών στον ελλαδικό χώρο.
- Μετεωρολογία: Βελτίωση μοντέλων για την πρόγνωση του καιρού στην Ελλάδα.
- Μηχανική: Προσομοιώσεις, που αφορούν στη ροή των ρευστών.

πηγή: <https://hpc.grnet.gr/supercomputer/>



Εκτέλεση Εφαρμογών (1/4)

- Το A.R.I.S. όπως όλα τα μεγάλα συστήματα του είδους, ακολουθεί τη λογική της εκτέλεσης των εφαρμογών σε ομάδες εργασιών (batch job execution).
- Για να εκτελεστεί μια εφαρμογή πρέπει πρώτα να περιγραφεί ως εργασία και να αποσταλεί σε ένα σύστημα χρονοπρογραμματισμού (scheduler) που αναλαμβάνει να τη δρομολογήσει για εκτέλεση στους υπολογιστικούς κόμβους.
- Το A.R.I.S. χρησιμοποιεί το πρόγραμμα SLURM για τη διανομή εργασιών στον υπερυπολογιστή. Το SLURM έχει τρεις βασικές λειτουργίες.

πηγή: <https://hpc.grnet.gr/supercomputer/>



- Πρώτον, διαθέτει αποκλειστική ή μη αποκλειστική πρόσβαση στους πόρους (υπολογιστικούς κόμβους) στους χρήστες για ορισμένο χρονικό διάστημα, ώστε να μπορούν να εκτελούν εργασία.
- Δεύτερον, παρέχει ένα πλαίσιο για την εκκίνηση, εκτέλεση και παρακολούθηση εργασιών.
- Εξασφαλίζει τον διαμοιρασμό των υπολογιστικών κόμβων σε πολλούς χρήστες ταυτόχρονα αποφεύγοντας προβλήματα ανταγωνισμού μεταξύ τους.

πηγή: <https://hpc.grnet.gr/supercomputer/>



Εκτέλεση Εφαρμογών (3/4)

- Αυτό επιτυγχάνεται με μια ουρά εργασιών για κάθε νησίδα κόμβων, στην οποία εφαρμόζεται η δίκαιη και ισότιμη προτεραιότητα για κάθε χρήστη ανάλογα με τους πόρους που απαιτεί από την εφαρμογή.
- Ο χρήστης μπορεί να δρομολογήσει εργασίες από τον κόμβο διασύνδεσης στο σύστημα μέσω κατάλληλης εντολής του SLURM (sbatch).
- Κάθε εργασία για να γίνει αποδεκτή και να μπορέσει να δρομολογηθεί πρέπει να καθορίζει κάποιες ελάχιστες προδιαγραφές: την νησίδα που προτιμάται για την εκτέλεση, το πλήθος των κόμβων που απαιτούνται, το πλήθος πυρήνων ανά κόμβο, το μέγιστο χρόνο εκτέλεσης και την εντολή προγράμματος που θα εκτελεστεί.
- Οι προδιαγραφές αυτές πρέπει να οριστούν σε ένα αρχείο κειμένου που ονομάζεται σενάριο εργασίας (batch script).

πηγή: <https://hpc.grnet.gr/supercomputer/>

Εκτέλεση Εφαρμογών (4/4)

- Μια εργασία όταν δρομολογηθεί μπορεί να μην εκτελεστεί αμέσως αν δεν είναι διαθέσιμοι οι απαραίτητοι πόροι.
- Σε αυτή την περίπτωση μπαίνει στην κατάλληλη ουρά προτεραιότητας και περιμένει έως ότου ελευθερωθούν οι πόροι που χρειάζεται (π.χ. ο αριθμός κόμβων που απαιτείται για την εκτέλεσή της) οπότε το SLURM θα αναλάβει αυτόματα να τις ξεκινήσει.
- Ο χρόνος αναμονής εξαρτάται από τις απαιτήσεις που έχει προδιαγράψει η εργασία και κυμαίνεται από μερικά λεπτά έως αρκετές ώρες.
- Όπως φαίνεται από τα παραπάνω το A.R.I.S. είναι κατάλληλο για εφαρμογές οι οποίες είναι παράλληλες, εκτελούνται αυτόνομα στο πλαίσιο μιας εργασίας, με συγκεκριμένο χρόνο εκτέλεσης και δεν επικοινωνούν με τον χρήστη ή με άλλες εφαρμογές.

πηγή: <https://hpc.grnet.gr/supercomputer/>



- Ο A.R.I.S. παρέχει στους επιστήμονες, οι οποίοι ζουν, σπουδάζουν και εργάζονται στην Ελλάδα, ένα ισχυρό εργαλείο, προκειμένου να πραγματοποιήσουν και να εξελίξουν την έρευνά τους.
- Διασυνδέει τα μέλη της ελληνικής επιστημονικής και εκπαιδευτικής κοινότητας, μεταξύ τους και με τις αντίστοιχες κοινότητες του εξωτερικού.
- Δίνει τη δυνατότητα η τεχνολογία ενός υπερυπολογιστή να αξιοποιείται ως δημόσιο αγαθό.

πηγή: <https://hpc.grnet.gr/supercomputer/>



Συμπεράσματα

- Οι Υπερυπολογιστές από τους πρώτους που δημιουργήθηκαν την δεκαετία του 60 μέχρι και τους πιο σύγχρονους ήταν και είναι αποτέλεσμα της συνεχούς προσπάθειας του ανθρώπου να κατακτήσει την γνώση.
- Το μέλλον τους δεν μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια καθώς η τεχνολογία αναπτύσσεται με ταχύτατους ρυθμούς.
- Οι Υπερυπολογιστές έχουν ως μοναδικό σκόπο την βελτίωση και την αντιμετώπιση των ανθρώπινων αναγκών αλλά και να προσφέρουν στον άνθρωπο την δυνατότητα εξέλιξης σε όλους τους τομείς του.

