

Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας  
Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

Συστήματα Παράλληλης και Κατανεμημένης Επεξεργασίας  
Εργασία Εξαμήνου

Θέματα ενέργειας σε hpc. Πηγές κατανάλωσης σε hpc. Τεχνικές μείωσης κατανάλωσης σε hpc. Μέτρηση κατανάλωσης σε hpc. Green ICT

Κοζάνη, Σεπτέμβριος 2014

**ΟΜΑΔΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:**

ΘΕΟΔΩΡΙΔΗΣ ΘΕΟΧΑΡΗΣ

ΚΑΜΗΝΑΣ ΛΕΑΝΔΡΟΣ

ΝΥΦΙΔΟΥ ΧΡΥΣΟΥΛΑ

ΣΤΕΦΑΝΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:**

ΔΡ. ΜΗΝΑΣ ΔΑΣΥΓΕΝΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

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

# Περιεχόμενα (1)

- ▶ Εισαγωγή 8
- ▶ Απόδοση και κατανάλωση ισχύος 10
- ▶ Σημασία “Μείωσης Κατανάλωσης Ισχύος” 11
- ▶ CISC vs RISC 12
  - ▶ RISC 14
  - ▶ CISC 15
- ▶ Θέματα ενέργειας σε HPC Συστήματα 16
- ▶ Νόμος Moore ως προς την κατανάλωση ενέργειας 18
- ▶ Πηγές Κατανάλωσης Ισχύος σε HPC Συστήματα 19

# Περιεχόμενα (2)

▶ Ενέργεια και Αποδοτικότητα	24
▶ Υπολογιστική Χαμηλής Ισχύος	28
▶ Ενεργειακά αποδοτικό cooling	30
▶ Απαιτήσεις Ισχύος 2006 – 2020	33
▶ Αρχιτεκτονικές Χαμηλής Ισχύος	34
▶ ARM	35
▶ ATOM	40
▶ PowerPC	45
▶ MIPS	48

# Περιεχόμενα (3)

▶ Μέτρηση Ισχύος	53
▶ Μέτρηση Μονάδος Ισχύος	54
▶ Τεχνικές Μέτρησης Ισχύος	58
▶ Green500	58
▶ Sensor – Enabled Software Tools	62
▶ On Individual Components	64
▶ Ενδιαφέροντα στοιχεία	66
▶ Green ICT	68
▶ Τι σημαίνει Green ICT	69
▶ Επιβάρυνση ατμόσφαιρας	72

# Περιεχόμενα (4)

- ▶ Συμβολή των πολιτών στην ανάπτυξη της Green ICT 75
- ▶ Ανάγκη για πράσινη τεχνολογία 76
- ▶ ICT Εξοπλισμός 77
- ▶ Κατάλληλος Εξοπλισμός (Software, Hardware) 79
- ▶ Στόχοι της Πράσινης Τεχνολογίας 80
- ▶ Προκλήσεις που αντιμετωπίζει η Green ICT 81
- ▶ Στρατηγική για βιώσιμη βελτίωση της κατάστασης 82
- ▶ Θετικές επιπτώσεις 83
- ▶ Έξυπνη χρήση της τεχνολογίας 85

# Περιεχόμενα (5)

▶ Πεδίο εφαρμογών των Green ICT	86
▶ Αναγκαιότητα για χρήση Green ICT	90
▶ Η συμβολή των επιχειρήσεων	94
▶ Οφέλη μιας πράσινης επιχειρηματικής συμπεριφοράς	97
▶ Πολιτικές δράσεις	100
▶ Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο	103
▶ Σε Διεθνές επίπεδο	104
▶ Συμπέρασμα	105
▶ Βιβλιογραφία	106

# Εισαγωγή ...

- ▶ Με την συνεχή εξέλιξη των συστημάτων υπολογιστών, γίνεται όλο και περισσότερο αντιληπτή η ανάγκη για ενεργειακή σκέψη.
- ▶ Η απαίτηση και η ζήτηση για συνεχή αύξηση των επιδόσεων, απαιτεί επιπλέον επεξεργαστές, ενώ ταυτόχρονα η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας αποτελεί περιορισμό.
- ▶ Τα τελευταία χρόνια υπάρχει ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον για χρήση GPUs σε HPC , καθώς προσφέρουν FLOP ανά Watt , απόδοση πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με πρότυπες CPUs.



# Εισαγωγή ...

- ▶ Σχεδιάζοντας συστήματα περιορισμένης ισχύος, μπορεί να υπάρξουν αρνητικές επιπτώσεις σε απόδοση εφαρμογών λόγω των λιγότερο ισχυρών επεξεργαστών και του μη κατάλληλου σχεδιασμού για τις απαιτούμενες εργασίες, γεγονός που μειώνει την έκταση και αποτελεσματικότητα των συστημάτων αυτών.
- ▶ Νέες προσεγγίσεις σχεδιασμού πρέπει να θεωρείται η αξιοποίηση αρχιτεκτονικών χαμηλής κατανάλωσης για HPC οι οποίες προσφέρουν αποδεκτή απόδοση για επιστημονικές και άλλες εφαρμογές σε αποδεκτά επίπεδα ισχύος.

# Απόδοση και κατανάλωση ισχύος – ισχυρός επεξεργαστής ή λιγότερο ισχυρός επεξεργαστής με περισσότερους πυρήνες;

- ▶ Μέχρι τώρα οι κατασκευαστές τσιπ ακολουθούσαν τον νόμο του Moore.
- ▶ Όταν ενσωματώνονται περισσότεροι πυρήνες στο ίδιο τσιπ, η συχνότητα ρολογιού ανά πυρήνα μειώνεται.
- ▶ Η μείωση της συχνότητας του ρολογιού συνεπάγεται μείωση στην ηλεκτρική ισχύ που απαιτείται καθώς και στην αντίστοιχη θερμότητα που παράγεται εντός του τσιπ.
- ▶ Η έννοια αυτή ακολουθείται στα περισσότερα σύγχρονα multi – core τσιπς, εδώ ακριβώς βρίσκεται η ιδέα σε HPC χαμηλής ισχύος.

# Μείωση κατανάλωσης ισχύος σημαίνει...

- ▶ Από άποψη διαχείρισης , κάθε watt της μειωμένης κατανάλωσης μεταφράζεται σε μείωση εξόδων 1 εκατ. δολαρίων ανά έτος για τους μεγάλους υπερ-υπολογιστές , όπως αναφέρει η IESP.



# CISC VS RISC

# CISC vs RISC

- ▶ Η πλειοψηφία των σύγχρονων επεξεργαστών οι οποίοι χρησιμοποιούνται επίσης σε HPC , εφαρμόζουν CISC (Complex Instruction Set Computing ) αρχιτεκτονική.
- ▶ Όμως , η ανάγκη για ενεργειακή απόδοση , χαμηλότερο κόστος και πολλαπλούς πυρήνες οδηγούν στην απλοποίηση των σχετικών αρχιτεκτονικών , απαιτώντας από τους κατασκευαστές την ανάπτυξη για ενεργειακά αποδοτικούς , υψηλής απόδοσης επεξεργαστές RISC (Reduced Instruction Set Computing).

# RISC

- ▶ Η αρχιτεκτονική RISC εισάγει ένα απλό σύνολο εντολών το οποίο αποτελεί σύνθεση ιδιαίτερα βελτιστοποιημένων εντολών μονού χρόνου ρολογιού και χρήση πολλών καταχωρητών γενικού σκοπού.
- ▶ Αποτελεί «καλύτερη λύση» ανάμεσα στα ολοκληρωμένα κυκλώματα και στα compilers σε σχέση με σύνολα εντολών.
- ▶ Πολύπλοκες εντολές μπορούν να εκτελεστούν από τον compiler , ελαχιστοποιώντας την ανάγκη συμπληρωματικών τρανζίστορ.
- ▶ Αυτό οδηγεί σε έμφαση στο λογισμικό και εφαρμογή περισσότερων τρανζίστορ ως καταχωρητές μνήμης.

# CISC

- ▶ Η αρχιτεκτονική CISC στηρίζεται πως το υλικό είναι πάντα πιο γρήγορο από το λογισμικό και ένα σύνολο εντολών multi-clock θα μπορούσε να έχει μεγαλύτερη απόδοση προσθέτοντας τρανζίστορ στους επεξεργαστές.
- ▶ Αυτό επίσης , μειώνει τις γραμμές σε assembly! Ο κώδικας μπορεί να εκτελεστεί από τους επεξεργαστές , εκτελώντας πολλαπλές εντολές ανά κύκλο ρολογιού , σε αντίθεση με την RISC αρχιτεκτονική , όπου εκτελείται μία εντολή ανά κύκλο.
- ▶ Η CISC λοιπόν δίνει έμφαση στο υλικό με την εφαρμογή συμπληρωματικών τρανζίστορ για αποθήκευση εντολών.

# Θέματα ενέργειας σε HPC συστήματα(1)

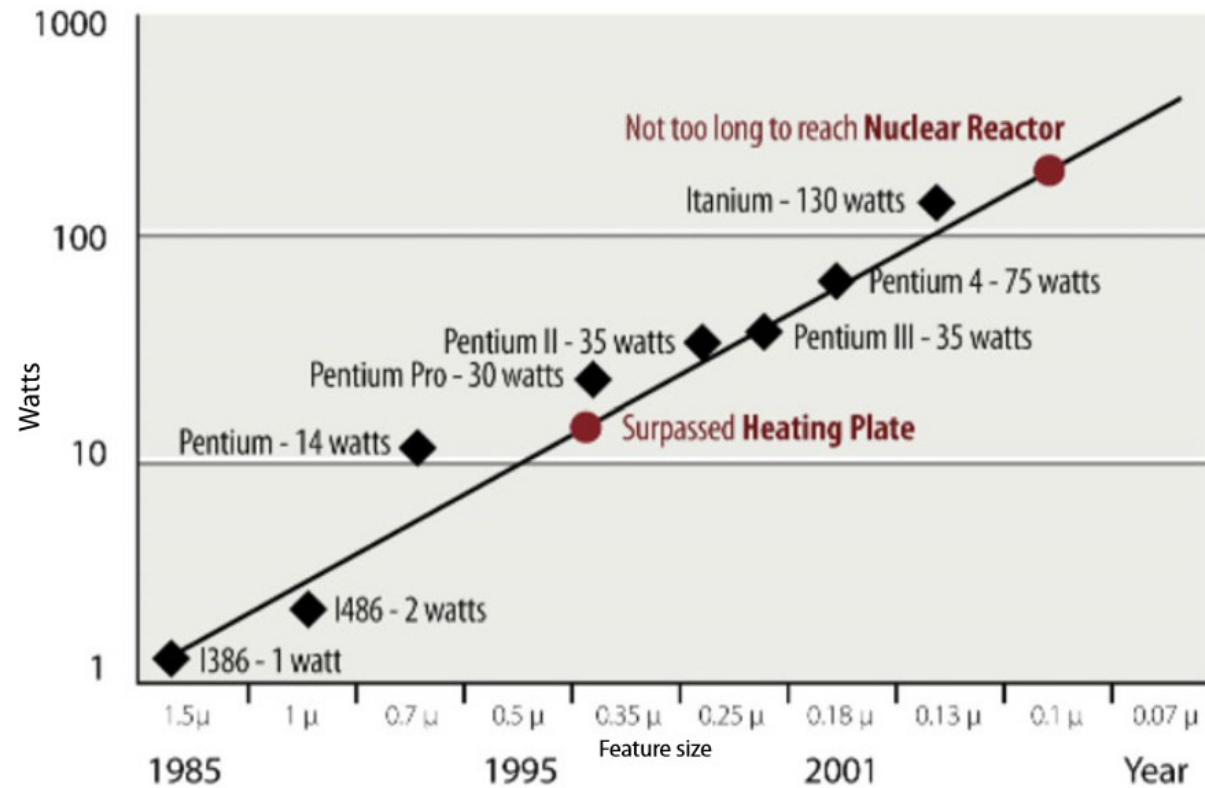
- ▶ Τα μοντέρνα hpc συστήματα και οι clusters συνήθως αποτελούνται από multi-core συστήματα.
- ▶ Η αύξηση της ταχύτητας επιτυγχάνεται κυρίως αυξάνοντας τους πυρήνες σε κάθε κόμβο , μειώνοντας την συχνότητα του ρολογιού σε κάθε πυρήνα.
- ▶ Το κύριο πρόβλημα τα τελευταία χρόνια , είναι πως οι επεξεργαστές σχεδιάζονται ακολουθώντας τον νόμο του Moore , το οποίο δεν συνεπάγεται εξοικονόμηση ενέργειας.
- ▶ Προκειμένου να αντιμετωπιστεί η κατανάλωση ενέργειας , αυξάνεται ολοένα και περισσότερο η χρήση των GPUs καθώς προσφέρουν καλύτερη απόδοση flop ανά watt.
- ▶ Η επιστημονική κοινότητα θεωρεί πως ο νόμος του Moore θα πάψει εξολοκλήρου να ισχύει το 2020.



## Θέματα ενέργειας σε HPC συστήματα(2)

- ▶ Γίνεται πλέον αντιληπτό , πως υπάρχει η ανάγκη για νέα τεχνολογία σε σχεδιασμό CPUs , αφού οι υπερ-υπολογιστές δεν μπορούν πλέον να επωφεληθούν του νόμου του Moore για να αυξήσουν την θεωρητική μέγιστη απόδοσή τους.
- ▶ Σύμφωνα με την IBM , η μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας προέρχεται από την χρήση ενός νέου επεξεργαστή βελτιστοποιημένου ως προς την ενεργειακή απόδοση και όχι την απόδοση ανά νήμα. Πρέπει λοιπόν οι υπερ-υπολογιστές να αποτελούνται από ενεργειακά αποδοτικούς επεξεργαστές.
- ▶ Η ANL υποστηρίζει πως τα ζητήματα της ηλεκτρικής ενέργειας και η στροφή σε πολλαπλούς πυρήνες θα αλλάξει δραματικά την αρχιτεκτονική και τον κώδικα των συστημάτων.
- ▶ Η nVIDIA αναφέρει πως ένα exascale σύστημα πρέπει να κατασκευάζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να τρέξει σε μία μηχανή με προϋπολογισμό ισχύος όχι μεγαλύτερο από τους τωρινούς υπερ-υπολογιστές. Το χάσμα αυτό μπορεί να γεφυρωθεί με την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των υπολογιστικών πόρων ώστε να φτάσει σε αποδεκτά επίπεδα.

# Ο νόμος του Moore ως προς την κατανάλωση ενέργειας



# Πηγές κατανάλωσης ισχύος σε HPC συστήματα

- ▶ Η CPU δεν είναι η μοναδική πηγή υψηλής ισχύος στα σύγχρονα hpc συστήματα!
- ▶ Επικοινωνία.
- ▶ Μνήμη.
- ▶ Αποθήκευση.

Αυξάνουν σε μεγάλο βαθμό την συνολική κατανάλωσης ενέργειας του συστήματος.

# Πηγές κατανάλωσης ισχύος σε HPC συστήματα – Μνήμη

- ▶ Τα τρανζίστορ μνήμης καταναλώνουν ενέργεια, κάθε φορά που ένα συγκεκριμένο κελί μνήμης πρέπει να προσπελαστεί.
- ▶ Σε εμπορικά συστήματα, τα memory chips είναι ανεξάρτητες συνιστώσες, διαχωρισμένες από τον επεξεργαστή (RAM, not cache).
- ▶ Αυτό αυξάνει το κόστος ισχύος καθώς υπάρχει η ανάγκη για διασύνδεση bus ανάμεσα σε μνήμη και επεξεργαστή.
- ▶ Οι ενσωματωμένες συσκευές ακολουθούν την έννοια της SoC (system on chip), όπου όλα τα στοιχεία αποτελούν μέρος της ίδιας μονάδας, μειώνοντας έτσι τις αποστάσεις και διεπαφές και ως εκ τούτου την κατανάλωση.

# Πηγές κατανάλωσης ισχύος σε HPC συστήματα – επικοινωνία(1)

- ▶ Η αλληλεπίδραση μεταξύ των κόμβων σε πολύ-υπολογιστές σε σχέση με την αλληλεπίδραση μεταξύ των στοιχείων σε ένα αυτόνομο σύστημα απαιτούν πολύ μεγαλύτερη ενέργεια.
- ▶ Όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση , τόσο περισσότερη ενέργεια χρειάζεται ώστε να τροφοδοτήσει το σήμα για να ταξιδέψει.
- ▶ Οπτικές και σειριακές επικοινωνίες χρησιμοποιούνται για speed-up και απόδοση ώστε να λυθούν εν μέρει τα θέματα κατανάλωσης.

# Πηγές κατανάλωσης ισχύος σε HPC συστήματα – επικοινωνία(2)

- ▶ Τα HPC συστήματα όσο περνούν τα χρόνια μεγαλώνουν , και έτσι απαιτούν περισσότερη επικοινωνία.
- ▶ Είναι σημαντικό να κρατηθούν οι αποστάσεις των κόμβων όσο το δυνατόν γίνεται πλησιέστερα.
- ▶ Μειώνοντας το μέγεθος για κάθε κόμβο , κρατώντας τα άκρα ενός cluster κοντά, θα μπορούσε να μειώσει σημαντικά την ανάγκη και το κόστος της κατανάλωσης ενέργειας.

# Πηγές κατανάλωσης ισχύος σε HPC συστήματα – αποθήκευση

- ▶ Εμπορικές συσκευές αποθήκευσης όπως hard disk drivers χρησιμοποιούνται αρκετά σε HPC clusters , λόγω της απλότητάς τους του χαμηλού κόστους και την εύκολη συντηρησιμότητα.
- ▶ Ο στόχος είναι να υπάρχει γρήγορη διασύνδεση ανάμεσα στους κόμβους και στις συσκευές αποθήκευσης.
- ▶ Υψηλή I/O δεν είναι πολύ κοινή σε HPC , αλλά είναι πολύ συγκεκριμένους τομείς επιστήμης που χρησιμοποιούν HPC πόρους, όπως η Αστρονομία , Βιολογία που απαιτούν τεράστια σύνολα δεδομένων.
- ▶ Τα εν λόγω δεδομένα αυξάνουν κατά πολύ τις απαιτήσεις για αποθήκευση τόσο από άποψη ικανότητας αλλά και από ισχύ και απόδοση.
- ▶ Οι συσκευές SSD (Solid State Disk) αρχίζουν να γίνονται όλο και πιο διαδομένες σε HPCs που χρησιμοποιούνται για έρευνα και εφαρμογές με μεγάλη ανάγκη σε αποθήκευση για απόδοση.

# Ενέργεια και αποδοτικότητα(1)

- ▶ Έως και σήμερα , η κινητήρια σκέψη των κατασκευαστών επεξεργαστών ήταν ο νόμος του Moore, η intel θεωρεί πως ο νόμος του Moore εξακολουθεί να ισχύει και προσπαθεί να τον επιβεβαιώνει. (ίσως διότι είναι συνιδρυτής της εταιρίας..)
- ▶ Η πραγματικότητα όμως είναι πως ο νόμος του Moore σταδιακά σβήνει, διότι τα τρανζίστορ γίνονται τόσο μικρά , ώστε σύμφωνα με την κβαντική θεωρία θα υπάρχει διαρροή των ηλεκτρονίων από τα σύρματα εντός του τρανζίστορ.
- ▶ Αυτά τα θέματα , μπορούν να θεωρηθούν οι μεγαλύτεροι περιορισμοί σε ανάπτυξη , εισάγοντας τα ζητήματα της αποτελεσματικότητας , κατανάλωσης και κόστους.
- ▶ Για να αντιμετωπιστούν αυτά τα ζητήματα , οι κατασκευαστές HPC και ιδρύματα έχουν αρχίσει τα τελευταία χρόνια και χρησιμοποιούν GP-GPUs (General Purpose Graphics Processor Unit).



## Ενέργεια και αποδοτικότητα(2)

- ▶ Οι Gp-GPUs χρησιμοποιούνται μέσα σε υπερ-υπολογιστές ώστε να επιτύχουν υψηλές επιδόσεις χωρίς την ανάγκη για πρόσθεση επιπλέον επεξεργαστών , οδηγώντας έτσι σε υβριδικά μοντέλα.
- ▶ Ένας από τους γρηγορότερους υπερ-υπολογιστές σήμερα που χρησιμοποιεί RISC αρχιτεκτονική είναι ο K computer of RAKEN advanced institute of Computational Science (AICS) στην Ιαπωνία, χρησιμοποιώντας SPARC64 επεξεργαστές , με απόδοση 8.62 petaflops το δευτερόλεπτο!
- ▶ Ένα petaflop ισοδυναμεί με 1000 τρισεκατομμύρια υπολογισμούς!
- ▶ Το σύστημα αυτό καταναλώνει 9.89 megawatts.

## Ενέργεια και αποδοτικότητα(3)

- ▶ Μία άλλη πολύ γρήγορη μηχανή είναι ο Tianhe-1A του εθνικού κέντρου υπερ-υπολογιστών στην Tianjin της Κίνας.
- ▶ Είναι μια υβριδική μηχανή η οποία είναι σε θέση να επιτύχει ταχύτητα 2.56 petaflops ανά δευτερόλεπτο, και καταναλώνει 4.04 megawatt.
- ▶ Αυτό επιγχάνεται με συνδυασμό δύο βασικών κατηγοριών επεξεργαστών, intel XEON και nVIDIA GPU.
- ▶ Οι αριθμοί αυτοί δείχνουν με σαφήνεια την διαφορά κατανάλωσης που μπορεί να επιτύχει η χρήση GPU σε μεγάλα συστήματα.

# Ενέργεια και αποδοτικότητα(4)

- ▶ Οι GPUs είναι σε θέση να εκτελέσουν φορητό κώδικα σε πολύ λιγότερο χρόνο σε σχέση με τις CPUs, αυτό οφείλεται κυρίως στον μεγάλο αριθμό από πυρήνες ,στην απλότητα του σχεδιασμού τους καθώς και στην καλύτερη απόδοση ανά watt.
- ▶ Εκτός από αυτό, η GPU παίρνει το φορτίο επεξεργασίας εκτός του επεξεργαστή , μειώνοντας έτσι τις ενεργειακές απαιτήσεις τις CPU.
- ▶ Επεξεργαστές χαμηλής ισχύος, και clusters χαμηλής ισχύος, ακολουθούν το ίδιο πρότυπο με την χρήση πολλών πυρήνων με την απλότητα των μειωμένων εντολών.

# Low-power computing – low power clusters (1)

- ▶ Green500 : ανήκει στον κατάλογο με τους top 500 ενεργειακά αποδοτικούς υπερ-υπολογιστές.
- ▶ SSS project : εισήγαγε τις low-power αρχιτεκτονικές σε συνδυασμό με κατάλληλο λογισμικό το 2001.
- ▶ Apple TV center : low-power cluster με ARM αρχιτεκτονική, χρησιμοποιώντας Apple TV συσκευές.
- ▶ Sony playstation 3 cluster : χρησιμοποιεί 8-core επεξεργαστή στα 3.2 ghz με 256 XDR RAM κατάλληλο για SMP και MPI προγραμματισμό με 9 κόμβους. 218 gflops και 25.6 gb/s εύρος ζώνης της μνήμης, και κατανάλωση από 76 έως 200 watt.

# Low-power computing – low power clusters (2)

- ▶ Xbox center : σύνολο από τροποποιημένες παιχνιδομηχανές xbox με 4 κόμβους και επεξεργαστή intel Celeron 733 Mhz και 64 mb DDR RAM. Επιτυγχάνει 1.4 gflops με κατανάλωση από 96 έως 130 watts. Ο cluster υποστήριξε MPI.
- ▶ IBM BlueGene : ενεργειακά αποδοτικός υπερ-υπολογιστής της IBM. Επιτυγχάνει συνολικά 85880 gflops απόδοση, δηλαδή 2097.19 mflops/sec και καταναλώνει 10.95 kwatt.

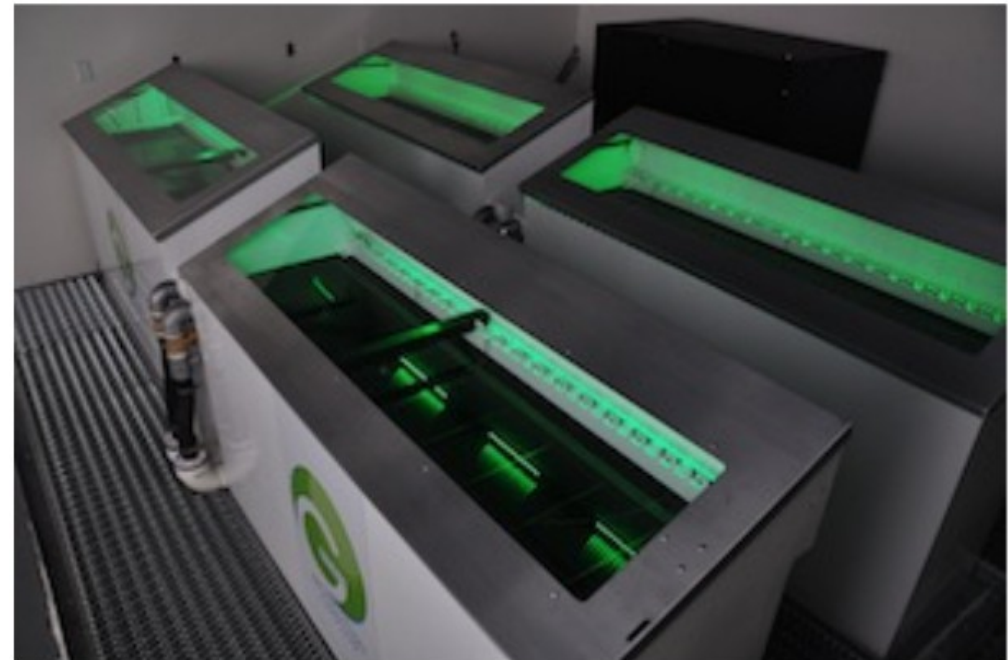
# Ενεργειακά αποδοτικό cooling (1)

- ▶ Εκτός από τις σκέψεις και την έρευνα για μείωση της συνολικής ενέργειας του συστήματος χρησιμοποιώντας επεξεργαστές υψηλής ενεργειακής απόδοσης , έχουν γίνει πολλές έρευνες σχετικά με την μείωση των αναγκών σε ψύξη καθώς μεγάλοι data-centers απαιτούν μεγάλα ποσά ενέργειας για να λειτουργήσουν αλλά και για να ψυχθούν!
- ▶ Σε κάθε περίπτωση οι HPCs έχουν ανάγκη από σταθερή χαμηλή θερμοκρασία , έχει παρατηρηθεί σε πολλές περιπτώσεις πως ξοδεύονται περισσότερα ποσά ενέργειας για ψύξη παρά για την ίδια την λειτουργία του συστήματος!

## Ενεργειακά αποδοτικό cooling (2)

- ▶ Green Revolution Cooling : είναι μια εταιρεία με έδρα τις ΗΠΑ η οποία προσφέρει λύση ψύξης για data-centers. Χρησιμοποιούν ρευστή τεχνολογία βύθισης GreenDEF™ η οποία μειώνει την ψυκτική ενέργεια σε clusters κατά 90-95 % και στον server κατά 10-20%.

GRCooling four-rack CarnotJet \*



## Ενεργειακά αποδοτικό cooling (3)

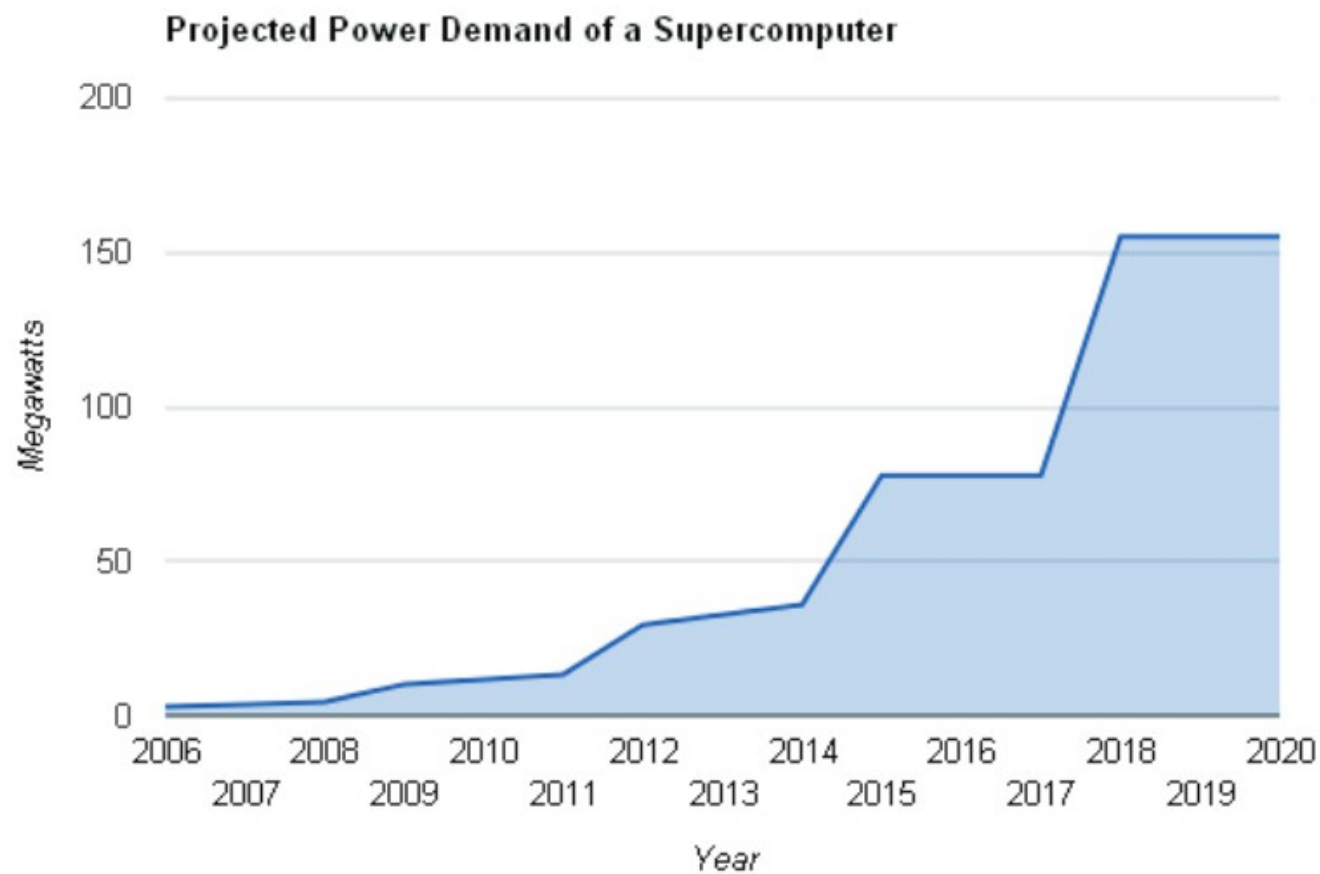
- ▶ Google data-centers : Η google έχει καταφέρει να ψύχει έξυπνα και αποδοτικά μερικά από τα data-centers της, όπως αυτά στο Βέλγιο και στην Φιλανδία. Χρησιμοποιούν φυσικούς πόρους , τον αέρα και το νερό. Στο Βέλγιο , όπως και στην Φιλανδία , η μέση θερμοκρασία στον αέρα είναι μικρότερη από τον μέσο όρο ψύξης της θερμοκρασίας σε πολλά data-centers.

Google data-center Finland \*





# Απαιτήσεις ισχύος HPC 2006-2020



# Αρχιτεκτονικές χαμηλής ισχύος

Ο επεξεργαστής χαμηλής κατανάλωσης δεν είναι μια νέα τάση στην κατασκευή των επεξεργαστών. Είναι όμως μια νέα ανάγκη, ειδικά σε υπερ-υπολογιστές. Υπάρχουν και χρησιμοποιούνται χαμηλής ισχύος RISC επεξεργαστές όπως ο SPARC της Sun και ο PowerPC της IBM. Ας δούμε τις αρχιτεκτονικές τέτοιων επεξεργαστών.

- ▶ ARM
- ▶ ATOM
- ▶ PowerPC
- ▶ MIPS

# Αρχιτεκτονική ARM (1)

## ARM

- ▶ Χρησιμοποιείται ευρέως σε πολλές φορητές συσκευές (όπως κινητά τηλέφωνα).
- ▶ Καθώς και σε εξοπλισμούς δικτύωσης και σε ενσωματωμένες συσκευές (όπως AppleTV).
- ▶ Οι καινούριοι επεξεργαστές (Cortex-A8, Cortex-A9, Cortex-A15) είναι επεξεργαστές 32-bit χρησιμοποιώντας 16 καταχωρητές.

# Αρχιτεκτονική ARM (2)

## ARM

- ▶ Ο επεξεργαστής Cortex-A9 είναι ο πρώτος της γενιάς superscalar architecture χρησιμοποιώντας την ARMv7 αρχιτεκτονική.
- ▶ Είναι ο επεξεργαστής με την μεγαλύτερη απόδοση, σχεδιασμένος με 8-στάδια διασωλήνωσης.
- ▶ Υπάρχει και ως πολυπύρηνος αλλά και ως μονοπύρηνος, κάνοντας τον υποσχόμενο επεξεργαστή για χαμηλές ενέργειας HPC συμπλέγματα.
- ▶ Ο τωρινός Cortex-A9 διαθέτει προαιρετικά NEON media και floating-point επεξεργαστική μηχανή για υψηλότερη απόδοση σε εντατικές εφαρμογές (όπως κωδικοποίηση video).

# Αρχιτεκτονική ARM (3)

## ARM

- ▶ Ο επεξεργαστής Cortex-A8 χρησιμοποιεί ομοίως ARMv7 αρχιτεκτονική αλλά εκτελεί 13-στάδια διασωλήνωσης και 10-στάδια NEON διασωλήνωσης.
- ▶ Η υποστήριξη NEON χρησιμοποιείται για επιτάχυνση πολυμεσικών εφαρμογών, καθώς επίσης και για εφαρμογές επεξεργασίας σήματος.
- ▶ Η τεχνολογία NEON μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως επιταχυντής στην επεξεργασία πολλαπλών δεδομένων για μοναδική είσοδο.

# Αρχιτεκτονική ARM (4)

## ARM

- ▶ Κατασκευαστές εμπορικών servers ήδη φορτώνουν χαμηλής – ισχύος servers με πυρήνες της ARM.
- ▶ Κουτιά και αναπτυξιακές πλακέτες υπάρχουν διαθέσιμα στην αγορά (όπως OpenRD, DreamPlug, PandaBoard, BeagleBoard).
- ▶ Η NVIDIA έχει ανακοινώσει ότι στοχεύει να κατασκευάσει πυρήνες Κεντρικής Μονάδας Επεξεργασίας για τα GPUs βασισμένους στην αρχιτεκτονική της ARM, στοχεύοντας και προσωπικούς υπολογιστές αλλά και υπερυπολογιστές.

# Αρχιτεκτονική ARM (5)

ARM



Πλακέτα OpenRD SoC με ARM.

# Αρχιτεκτονική ATOM (1)

## ATOM

- ▶ Είναι ο χαμηλής- δύναμης επεξεργαστής της Intel.
- ▶ Στοχεύει στα laptop και σε χαμηλού – κόστους, χαμηλής – ισχύος servers και σταθερών υπολογιστών.
- ▶ Η ταχύτητα ρολογιού έχει εύρος από 800MHz στα 2.13GHz.
- ▶ Υποστηρίζει καταχωρητές 32 και 64-bit αντίστοιχα και όντας αρχιτεκτονική βασισμένη στην x86 τον καθιστά κατάλληλο υποψήφιο για επεξεργαστές υψηλής - ισχύος.



# Αρχιτεκτονική ATOM (2)

## ATOM

- ▶ Προμηθευτές servers ήδη φορτώνουν τα συστήματά τους με ολοκληρωμένα συστήματα (chips) της ATOM και λόγω του χαμηλού τους κόστους είναι “ελκυστικά” για πρωτότυπα συστήματα χαμηλής – ισχύος που δεν απαιτούν μετατροπές λογισμικού.
- ▶ Στοχεύει στα laptop και σε χαμηλού – κόστους, χαμηλής – ισχύος servers και σταθερών υπολογιστών.
- ▶ Η ταχύτητα ρολογιού έχει εύρος από 800MHz στα 2.13GHz.
- ▶ Υποστηρίζει καταχωρητές 32 και 64-bit αντίστοιχα και όντας αρχιτεκτονική βασισμένη στην x86 τον καθιστά κατάλληλο υποψήφιο για επεξεργαστές υψηλής - ισχύος.

# Αρχιτεκτονική ΑΤΟΜ (3)

## ΑΤΟΜ

- ▶ Κάθε εντολή που φορτώνεται στην ΚΜΕ μεταφράζεται από μια μικρο-λειτουργία εκτελώντας φόρτωση μνήμης και αποθηκεύεται σε κάθε ALU, επεκτείνοντας το παραδοσιακό RISC σχέδιο, επιτρέποντας στον επεξεργαστή να εκτελεί πολλαπλές εργασίες ανά κύκλο ρολογιού.
- ▶ Ο επεξεργαστής έχει 16-στάδια διασωλήνωσης που το καθένα “σπάει” σε τρία μέρη: αποκωδικοποίηση, αποστολή και πρόσβαση στην κρυφή μνήμη.

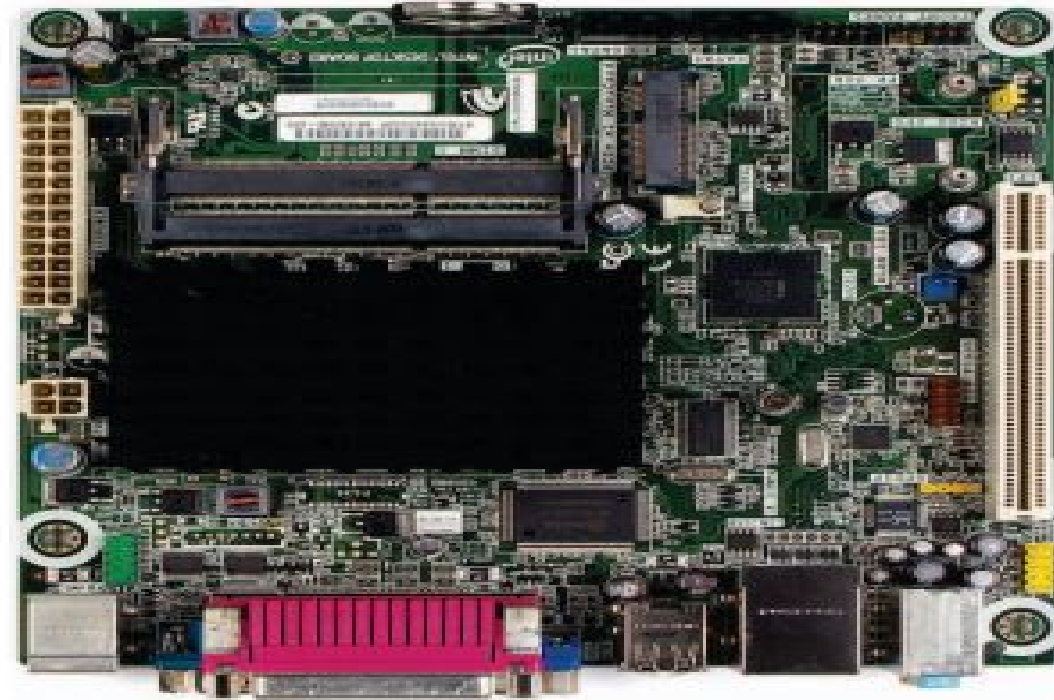
# Αρχιτεκτονική ΑΤΟΜ (4)

## ΑΤΟΜ

- ▶ Ο επεξεργαστής υποστηρίζει δυο ALUs και δυο FPUs.
- ▶ Το πρώτο ALU χρησιμοποιείται για να χειρίζεται οποιαδήποτε λειτουργία μετατόπισης ενώ το δεύτερο για άλματα.
- ▶ Τα FPUs χρησιμοποιούνται για μαθηματικές λειτουργίες, συμπεριλαμβανομένων και ακέραιων. Το πρώτο FPU είναι μόνο για πρόσθεση ενώ το δεύτερο χειρίζεται πολλαπλά δεδομένα πάνω της μια εντολής (SIMD) και λειτουργίες που περιλαμβάνουν πολλαπλασιασμό και διαίρεση.

# Αρχιτεκτονική ΑΤΟΜ (5)

ΑΤΟΜ



Πλακέτα Intel 525 με διπλό πυρήνα Intel Atom.

# Αρχιτεκτονική PowerPC (1)

## PowerPC

- ▶ Πρόκειται για τους παλαιότερους χαμηλής – ισχύος επεξεργαστές της RISC που έχει χρησιμοποιηθεί στο πεδίο του HPC και εξακολουθεί να χρησιμοποιείται για έναν από τους ταχύτερους υπερυπολογιστές.
- ▶ PowerPC επεξεργαστές είναι διαθέσιμοι και για υπολογιστική γενικού σκοπού.
- ▶ Υποστηρίζουν 32 και 64-bit.
- ▶ Τέτοιο επεξεργαστές μπορούν να βρεθούν σε συστήματα της IBM, καθιστώντας τους μια ακριβή λύση για χαμηλού – προϋπολογισμού έργα και ινστιτούτα.

# Αρχιτεκτονική PowerPC (2)

## PowerPC

- ▶ Λόγω της κατανάλωσης χαμηλής – ισχύος και της ευελιξίας, το σχέδιο του A2 χρησιμοποιήθηκε στο PowerEN επεξεργαστή ο οποίος είναι υβρίδιος μεταξύ ενός επεξεργαστή δικτύωσης και ενός επεξεργαστή τυπικού server.
- ▶ Τέτοιου τύπου επεξεργαστές συγχωνεύουν χαρακτηριστικά από επεξεργαστές δικτύωσης (πυρήνες χαμηλής – ισχύος, επιταχυντές κ.α) και από τυπικούς επεξεργαστές (υποστήριξη για τυπικά προγραμματιστικά μοντέλα, λειτουργικό σύστημα κ.α).
- ▶ Η αρχιτεκτονική θεώρηση της απόδοσης ισχύος μειώνει την κατανάλωση ισχύος κάτω από το 50% σε σχέση με την αρχική κατανάλωση.

# Αρχιτεκτονική PowerPC (3)

## PowerPC



*IBM's BlueGene/Q 16 – core.*

# Αρχιτεκτονική MIPS (1)

## MIPS

- ▶ Είναι επεξεργαστής της RISC που χρησιμοποιείται ευρέως σε καταναλωτικές συσκευές (Sony Playstation PSX, Sony PlayStation Portable).
- ▶ Όντας επεξεργαστής χαμηλής – ισχύος το σχέδιο του βασίζεται στην RISC, με όλες τις εντολές να ολοκληρώνονται σε έναν κύκλο.
- ▶ Υποστηρίζει 32 και 64-bit καταχωρητές και εφαρμόζει την αρχιτεκτονική μνήμης Von Neumann.



# Αρχιτεκτονική MIPS (2)

## MIPS

- ▶ Χρησιμοποιεί σταθερού μήκους, τακτικά κωδικοποιημένου συνόλου εντολών με χρήση του μοντέλου load/store το οποίο είναι θεμελιώδης έννοια στην αρχιτεκτονική RISC.
- ▶ Η αριθμητική και λογική λειτουργία χρησιμοποιεί εντολές 3 τελεστών, διευκολύνοντας τους μεταγλωττιστές να βελτιστοποιήσουν σύνθετες εκφράσεις διαμόρφωσης, branch/jump επιλογές και καθυστερημένες εντολές άλματος.

# Αρχιτεκτονική MIPS (3)

## MIPS

- ▶ Προσφέρουν ευέλικτες κρυφές μνήμες υψηλής απόδοσης και διαχείριση μνήμης με καλά ορισμένες επιλογές ελέγχου της κρυφής μνήμης.
- ▶ Οι καταχωρητές 64-bit κινητής υποδιαστολής και ο συνδυασμός δυο μονών καταχωρητών 32-bit κινητής υποδιαστολής βελτιώνει την συνολική απόδοση και επιταχύνει συγκεκριμένες εργασίες επιτρέποντας SIMD.

# Αρχιτεκτονική MIPS (4)

## MIPS

- ▶ Τα εμπορικά προϊόντα της MIPS δεν στοχεύουν στην αγορά των server ή στην γενική υπολογιστική αγορά, καθιστώντας τα σχεδόν αδύνατο να εντοπίσουν τα κατάλληλα συστήματα off-the-self για τον σχεδιασμό και την κατασκευή χαμηλής – ισχύος HPC πλέγματος με την απαραίτητη υποστήριξη λογισμικού για προγράμματα HPC.

# Αρχιτεκτονική MIPS (5)

## MIPS



*Μητρική με Loongson 2G processor.*

# Μέτρηση Ισχύος

- ▶ Οι τεχνικές μέτρησης ισχύος ποικίλουν και μπορούν να πραγματοποιηθούν σε διάφορα μέρη του συστήματος.
- ▶ Συγκεκριμένα:
  - ▶ Ανάμεσα στο τροφοδοτικό και στην ηλεκτρική πρίζα.
  - ▶ Στην μητρική (ή σε οποιοδήποτε άλλο υλικό μέρος του συστήματος) και το τροφοδοτικό, καθώς και μεταξύ των επιμέρους τμημάτων του συστήματος.

# Μέτρηση Μονάδος Ισχύος (1)

- ▶ Ο μετρητής τοποθετείται μεταξύ του τροφοδοτικού εισόδου AC, του μηχανήματος προς παρακολούθηση και της υποδοχής που είναι συνδεδεμένη στην υποδομή εξωτερικής τροφοδοσίας.
- ▶ Έτσι αναγράφονται τα Watt που καταναλώνονται ανά πάσα στιγμή.
- ▶ Ο μετρητής είναι εφοδιασμένος με διεπαφή USB και λογισμικό που επιτρέπει την καταγραφή των δεδομένων σε ένα εξωτερικό σύστημα για μετέπειτα ανάλυση.

## Μέτρηση Μονάδος Ισχύος (2)

### Η μεθοδολογία που ακολουθείται:

1. Ο μετρητής ισχύος συνδέεται μεταξύ της πρίζας και της φυσικής μηχανής.
2. Ενεργοποίηση του μετρητή (αν χρειάζεται).
3. Ενεργοποίηση της φυσικής μηχανής.
4. Εκκίνηση του καταγραφέα για μέτρηση της χρήσης ισχύος.
5. Αρχικοποίηση και εκτέλεση του σημείου αναφοράς.

## Μέτρηση Μονάδος Ισχύος (3)

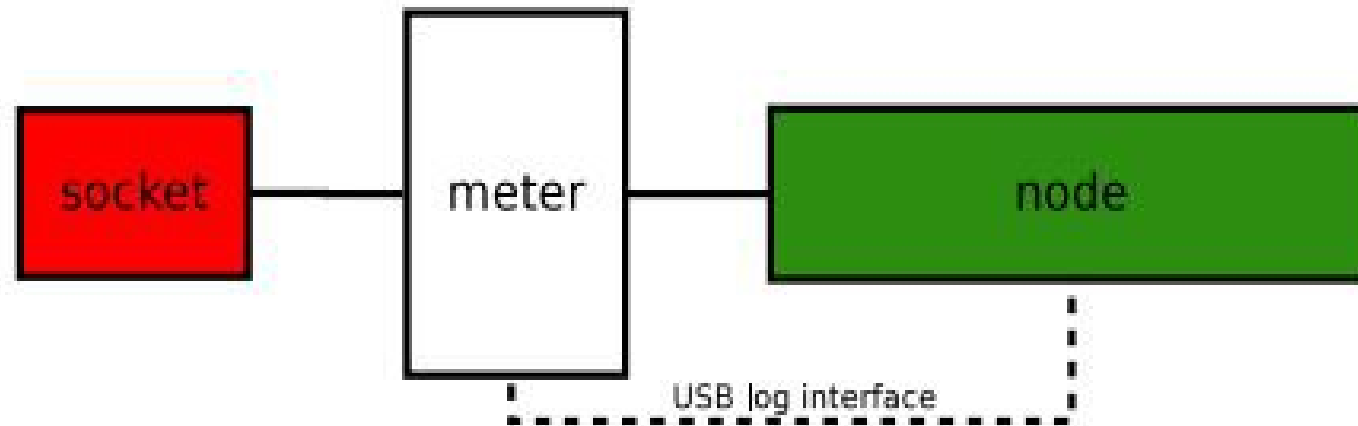
### Η μεθοδολογία που ακολουθείται:

6. Εκκίνηση καταγραφής της κατανάλωσης ισχύος.
7. Τερματισμός καταγραφής της κατανάλωσης ισχύος.
8. Καταγραφή της αναφερόμενης αξιολόγησης των επιδόσεων.
9. Φόρτωμα των δεδομένων της χρήσης ισχύος και υπολογισμός μέσου όρου και PPW.



# Μέτρηση Μονάδος Ισχύος (4)

Η μεθοδολογία που ακολουθείται:



# Τεχνικές Μέτρησης Ισχύος (1)

## Green500

- ▶ Χρησιμοποιείται ένας μετρητής ισχύος μεταξύ του τροφοδοτικού εισόδου AC μιας επιλεγμένης μονάδας και μιας υποδοχής συνδεδεμένη σε εξωτερικό σύστημα τροφοδοσίας.
- ▶ Αυτό μας επιτρέπει να μετρήσουμε την συνολική κατανάλωση ισχύος του συστήματος.

# Τεχνικές Μέτρησης Ισχύος (2)

## Green500

- ▶ Ο μετρητής ισχύος αναγράφει την κατανάλωση ισχύος του συστήματος ανά πάσα στιγμή και κατάσταση, είτε βρισκόμενος σε αδράνεια είτε “τρέχοντας” ένα συγκεκριμένο κώδικα.
- ▶ Με τη δυνατότητα καταγραφής των δεδομένων σε συγκεκριμένους χρόνους, μπορούμε να προσδιορίσουμε την κατανάλωση ισχύος όποια στιγμή απαιτείται.

# Τεχνικές Μέτρησης Ισχύος (3)

## Green500

- ▶ Η εξίσωση που χρησιμοποιείται για κατατάξει την ενεργειακή απόδοση των υπερ-υπολογιστών είναι η εξής:
  - ▶  $PPW = \text{Απόδοση} / \text{Ισχύ}$ , όπου PPW: performance per watt
  - ▶ Η “Απόδοση” στην εξίσωση ορίζεται ως η μέγιστη απόδοση από το αντίστοιχο σημείο αναφοράς, ορισμένο ως GFLOPS (Giga – Floating – point Operations per Second) για Υψηλής Απόδοσης Linpack, MB/s (Mega Bytes per Second) για STREAM και Iter/s (Iterations per Second) για CoreMark.

# Τεχνικές Μέτρησης Ισχύος (4)

## Green500

- ▶  $PPW = \text{Απόδοση} / \text{Ισχύ}$ , όπου PPW: performance per watt
  - ▶ Η “Ισχύς” στην εξίσωση ορίζεται ως η Μέση Κατανάλωση Ισχύος του Συστήματος κατά τη διάρκεια εκτέλεσης ενός σημείου αναφοράς για δεδομένου μεγέθους προβλήματος, ορισμένο ως Watt per Second.

# Τεχνικές Μέτρησης Ισχύος (5)

## Sensor – Enabled Software Tools

- ▶ Πρόκειται για εργαλεία λογισμικού τα οποία είναι εγκατεστημένα εντός του Λειτουργικού Συστήματος.
- ▶ Αυτό ωστόσο προϋποθέτει το υλικό να παρέχει τους απαραίτητους αισθητήρες.
  - ▶ Π.χ: το υψηλής ισχύος σύστημα Intel Xeon.

# Τεχνικές Μέτρησης Ισχύος (6)

## Sensor – Enabled Software Tools

- ▶ Τα συστήματα χαμηλής ισχύος δεν παρέχουν υποστήριξη αισθητήρων, εμποδίζοντας την χρήση εργαλείων λογισμικού για να συλλογή της μέτρησης της κατανάλωσης ισχύος του συστήματος.
- ▶ Συνήθως χρησιμοποιούνται εξωτερικοί μετρητές ισχύος για όλα τα συστήματα προκειμένου όλες οι ενδείξεις να πληρούν τις προϋποθέσεις ισότιμα, χρησιμοποιώντας την ίδια μέθοδο και παρέχοντας περισσότερη “δικαιοσύνη”.

# Τεχνικές Μέτρησης Ισχύος (7)

## On Individual Components

- ▶ Έτσι επιτρέπεται η καταμέτρηση για το πόση ενέργεια καταναλώνει κάθε επεξεργαστής συγκεκριμένα, χωρίς να επηρεάζεται από κάποιο άλλο μέρος του συστήματος.
- ▶ Με αυτήν την τεχνική επίσης μπορούμε να μετρήσουμε τις απαιτήσεις ισχύος και κατανάλωσης μεταξύ διάφορων τμημάτων του συστήματος, όπως του επεξεργαστή και της μνήμης.



# Τεχνικές Μέτρησης Ισχύος (8)

## On Individual Components

- ▶ Αν και αυτή η τεχνική εμφανίζει μεγάλο ενδιαφέρον και πιθανόν είναι από τους καλύτερους τρόπους για να προσδιοριστεί στο μέγιστο ποιοτικά και ποσοτικά για το που η ισχύς “πηγαίνει” και πως χρησιμοποιείται για κάθε εξάρτημα, εξαιτίας του ότι είναι χρονοβόρα δεν προτιμάται.

# Ενδιαφέροντα Στοιχεία (1)

- ▶ Σε παγκόσμιο επίπεδο, τα κέντρα δεδομένων υπολογίζεται ότι καταναλώνουν περίπου το 1.3 % του της παγκόσμιας ηλεκτρικής κατανάλωσης.
- ▶ 90 % των συνδεδεμένων στο διαδίκτυο χρηστών χρησιμοποιεί μηχανές αναζήτησης. Αυτό σημαίνει 1.7 δισεκατομμύρια άνθρωποι.
- ▶ Υπάρχουν πάνω από 1.2 εκατομμύρια ενεργοί συνδρομητές κινητής τηλεφωνίας.

## Ενδιαφέροντα Στοιχεία (2)

- ▶ Πάνω από ένα 1.6 τρισεκατομμύρια αναζητήσεις το χρόνο διεξάγονται σε παγκόσμιο επίπεδο.
- ▶ Μια αναζήτηση στην μηχανή της Google ισούται με το να ανάβει μια λάμπα των 60 W για 17 δευτερόλεπτα.
- ▶ Όλα τα παραπάνω παραδείγματα δείχνουν την τεράστια κλίμακα χρήσης της κινητής τηλεφωνίας και των κέντρων δεδομένων που επηρέασαν την κατανάλωση ισχύος το 2011.

# Green ICT( "Information and Communications Technology")



# Τι σημαίνει Green ICT; (1)

Η έννοια **Green ICT** (Πράσινη "Τεχνολογία Πληροφορικής και Επικοινωνιών") είναι μερικές φορές δύσκολο να γίνει κατανοητή.

Οι ίδιες οι λέξεις "Τεχνολογία Πληροφορικής και Επικοινωνιών" (**ICT**), καθώς ακούγονται βαρυσήμαντες και φουτουριστικές, ίσως μας οδηγούν στην παρανόηση πως η "Τεχνολογία Πληροφορικής και Επικοινωνιών" είναι εγγενώς αποδοτική και πράσινη.

Όπως άλλωστε συμβαίνει και με οτιδήποτε άλλο, η τεχνολογία επιφέρει περιβαλλοντικές επιπτώσεις, πολύ πιο σημαντικές από ό,τι μπορούμε να φανταστούμε. Έτσι λοιπόν, η ευαισθητοποίηση όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αποτελεί το πρώτο βήμα για τη μείωση του αντίκτυπου που μπορεί να επέλθει.

## Τι σημαίνει Green ICT; (2)

Ο τομέας των ICT είναι σχετικά νέος, πολύπλοκος, δυναμικός, ραγδαία αναπτυσσόμενος, δημιουργός καινοτομιών της πιο σύγχρονης τεχνολογίας και ελπίδων προόδου.

Από τη σκοπιά της Βιώσιμης Ανάπτυξης, του έχει δοθεί περιορισμένη σημασία σε σύγκριση με άλλους βιομηχανικούς τομείς.

Μέχρι πρόσφατα, επικρατούσε η άποψη της «καθαρής» και απαραίτητης τεχνολογίας για τις ICT, επηρεασμένη από την εικόνα των «καθαρών» γραφείων με τους υπολογιστές και τους νεαρούς επαγγελματίες του είδους. Διαπιστώνεται όμως ότι η πραγματικότητα είναι διαφορετική.

## Τι σημαίνει Green ICT; (3)

Ο όρος «Πράσινη Πληροφορική» (**Green ICT** ή **Green computing** ή **ICT Sustainability**) αναφέρεται στην αποτελεσματική και αποδοτική μελέτη και υλοποίηση δραστηριοτήτων σχεδίασης, παραγωγής, χρήσης και τελικής απόρριψης ηλεκτρονικών προϊόντων (hardware, software).

Αποτελεί επιτακτική ανάγκη να εφαρμοστούν ενεργειακά αποδοτικά μέτρα προκειμένου να μετριάσουμε τις αρνητικές επιπτώσεις της αναμενόμενης περαιτέρω εξάπλωσης και ανάπτυξης των πληροφοριακών και τηλεπικοινωνιακών συστημάτων, δικτύων και υπηρεσιών.

# Επιβάρυνση της ατμόσφαιρας (1)

Η παγκόσμια βιομηχανία "Τεχνολογίας Πληροφορικής και Επικοινωνιών" (**ICT**) ευθύνεται περίπου για το 2 τοις εκατό των παγκόσμιων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ), ένα ποσό που ισοδυναμεί με αυτό της αεροπορίας. Το ποσοστό αυτό αναμένεται να τριπλασιαστεί μέχρι το 2020.





## Επιβάρυνση της ατμόσφαιρας (2)

Επίσημες μελέτες διεθνών οργανισμών αναφέρουν αρνητικές περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις:

- ▶ επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με τη μεγάλη ενεργειακή κατανάλωση,
- ▶ επικίνδυνα απόβλητα, τοξικά και επικίνδυνα υλικά,
- ▶ απαράδεκτες συνθήκες εργασίας (π.χ. σκάνδαλο Foxconn-Apple) σε κάποιες χώρες του «τρίτου» κόσμου
- ▶ περιφρόνηση για το περιβάλλον και τα εργατικά δικαιώματα, κ.ά.

## Επιβάρυνση της ατμόσφαιρας (3)

Η ενεργειακή κατανάλωση από τη χρήση εξοπλισμού και υπηρεσιών ICT αφορά το **8%** περίπου της ηλεκτρικής κατανάλωσης στην Ευρώπη, και το **2%** των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (το 0,25% του οποίου προέρχεται από την κατασκευή ηλεκτρονικών συσκευών). Έχει διαπιστωθεί ότι ο περιορισμός των επιπτώσεων από αυτές καθ' αυτές τις ICT μπορεί να επιτευχθεί με σύμπραξη πολιτών, επιστημόνων, βιομηχανίας και πολιτείας.



# Συμβολή των πολιτών στην ανάπτυξη της Green ICT

Οι πολίτες είναι το μεγάλο όπλο σε αυτή την προσπάθεια για τρεις λόγους:

- α) ως **κοινή γνώμη** και ως ψηφοφόροι μπορούν να πιέσουν την πολιτεία, διεκδικώντας «πράσινες» ηλεκτρονικές συσκευές,
- β) ως **καταναλωτές** μπορούν να πιέσουν τις βιομηχανίες και
- γ) ως **άτομα** μπορούν να εφαρμόσουν συμπεριφορές χρήσης προϊόντων ICT που μπορούν να περιορίσουν σε μεγάλη κλίμακα τις όποιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

# Ανάγκη για πράσινη Τεχνολογία

Παρά την κατάρρευση του μύθου της «καθαρής τεχνολογίας», οι ICT μπορεί να αποτελέσουν σημαντικό **«πράσινο εργαλείο»**. Αλλά για να γίνει αυτό, πρέπει οι ίδιες οι ICT να γίνουν **«πράσινες»**, με την εφαρμογή των αρχών της Εταιρικής Υπευθυνότητας και της λογικής της Ανάλυσης Κύκλου Ζωής.

Κυβερνήσεις και διεθνείς οργανισμοί κάνουν προσπάθειες για αποτελεσματικούς ελέγχους, αλλά και εδώ υπάρχουν όρια, δεδομένου ότι η διάρκεια ζωής των συσκευών είναι πολύ μικρή (ενθαρρύνονται μάλιστα οι καταναλωτές να τις αντικαθιστούν με νέα μοντέλα) ενώ οι τεχνολογίες παραγωγής (και οι επιπτώσεις τους) εξελίσσονται ταχύτατα.

Παρόλα αυτά, οι ίδιες οι ICT επιστρατεύονται στην προσπάθεια επίλυσης των προβλημάτων αυτών καθώς εξακολουθούν να προσφέρουν ελπίδες π.χ. για λιγότερο ενεργοβόρες ICT ή καινοτομίες που μειώνουν το ενεργειακό και ανθρακικό αποτύπωμα των τηλεπικοινωνιών.

# Για τι πράγμα μιλάμε όταν αναφερόμαστε στον ICT εξοπλισμό; (1)

Ο κατάλογος περιλαμβάνει στοιχεία όπως:

- ▶ Σταθερούς και Φορητούς Υπολογιστές (PCS),
- ▶ Εκτυπωτές, σαρωτές, copiers, projectors,
- ▶ Smart phones, PDAs, σταθερά τηλέφωνα,



# Για τι πράγμα μιλάμε όταν αναφερόμαστε στον ICT εξοπλισμό; (2)

- ▶ Ασύρματα και ενσύρματα router, hubs, και άλλους διαδικτυακούς εξοπλισμούς,
- ▶ Mail servers, file servers, firewalls, βάσεις δεδομένων κ.α. ,
- ▶ Κέντρα δεδομένων (Data Centres) και τον εξοπλισμό τους.

# Κατάλληλος εξοπλισμός (hardware, software)

Σκοπό της Green ICT αποτελεί η ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων, ενθαρρύνοντας τον εξοπλισμό που:

- ▶ έχει παραχθεί βιώσιμα
- ▶ διαρκεί περισσότερο
- ▶ απαιτεί λιγότερη ενέργεια
- ▶ χρησιμοποιείται με αποτελεσματικό τρόπο
- ▶ διατίθεται υπεύθυνα



# Στόχοι της Πράσινης Πληροφορικής

## Στόχοι της Πράσινης Πληροφορικής είναι:

- ▶ η μείωση χρήσης επικίνδυνων για την υγεία υλικών,
- ▶ η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στον κύκλο ζωής των προϊόντων,
- ▶ η προαγωγή της δυνατότητας ανακύκλωσης των συσκευών
- ▶ η δυνατότητα βιολογικής αποδόμησης των απορριπτόμενων συσκευών.



# Προκλήσεις που αντιμετωπίζει η Green ICT

Ο τρόπος με τον οποίο έρχονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι όμοιος με αυτόν των επιπτώσεων που προέρχονται από οποιονδήποτε εξοπλισμό – κατασκευή.

Η Green ICT αντιμετωπίζει συγκεκριμένες προκλήσεις αναφορικά με:

- ▶ Το πως γίνεται η εξόρυξη και παραγωγή των υλικών του εξοπλισμού ICT,
- ▶ Τις συνθήκες στις οποίες κατασκευάζονται και η ενέργεια που απαιτείται για τη συγκεκριμένη διαδικασία,
- ▶ Τη μεταφορά τους στους καταναλωτές,
- ▶ Την ενέργεια που απαιτείται κατά τη λειτουργία τους,
- ▶ Τη διάθεσή τους στο τέλος του χρόνου ζωής τους.



# Στρατηγική για βιώσιμη βελτίωση της κατάστασης

Συνεπώς, μια στρατηγική για βιώσιμη βελτίωση της κατάστασης, καθόσον αφορά στις ΤΠΕ, μπορεί να στηριχθεί σε **τρεις βασικούς πυλώνες**:

1. **«Green For ICT»** - «Πρασίνισμα» της παραγωγής, χρήσης και απόρριψης/ανακύκλωσης προϊόντων πληροφορικής και επικοινωνιών, καθώς και παραγωγή «πράσινων» υπηρεσιών (π.χ. cloud computing, green Data centers, πράσινο λογισμικό). Αφορά τις εταιρείες που παράγουν και προωθούν ICT.
2. **«ICT For Green»** - Χρήση των ICT για «πρασίνισμα» των οικονομικών δραστηριοτήτων σε όλους τους παραγωγικούς τομείς. «Πρασίνισμα» των μεθόδων παραγωγής, διακίνησης και χρήσης βιομηχανικών, αγροτικών, εμπορικών προϊόντων και υπηρεσιών. Μέθοδοι όπως tele-conferencing, tele-presence, smart-meters, smart-grids, παρακολούθηση και μέτρηση περιβαλλοντικών παραμέτρων με αισθητήρες κ.α. αποτελούν τέτοιες πράσινες καινοτομίες.
3. **«Green Rules»** – Θεσμικό πλαίσιο και κανόνες σε παγκόσμιο επίπεδο.

# Θετικές επιπτώσεις σε διάφορους τομείς (1)

Επιπλέον, η Green ICT ασχολείται με μελέτες που αφορούν την χρήση των "πράσινων" τεχνολογιών ώστε να μειωθούν άλλες πτυχές των περιβαλλοντικών επιπτώσεών μας.

Ένας προφανής τρόπος είναι αυτό που ονομάζουμε αποϋλοποίηση, μεταβάλλοντας φυσικές διεργασίες σε εικονικές.

# Θετικές επιπτώσεις σε διάφορους τομείς (2)

Όλοι οι άνθρωποι είναι εξοικειωμένοι με το πώς το διαδίκτυο έχει φέρει την επανάσταση αναφορικά με τη διανομή της μουσικής, αυτό που δεν μπορεί κανείς να γνωρίζει είναι η σημαντική περιβαλλοντική εξοικονόμηση από την αποφυγή συσκευασίας, μεταφοράς, παραγωγής υλικών και χώρου καταστήματος που αυτό συνεπάγεται.

Αυτή η διαδικασία μπορεί να γίνει και σε πολλούς άλλους τομείς, όπως επαγγελματικές συναντήσεις, εργασία στο σπίτι, συνέδρια, εκπαίδευση, διανομή, επιχειρηματικές διαδικασίες και μια ολόκληρη σειρά από άλλους τομείς καινοτομίας.

# Έξυπνη χρήση της τεχνολογίας

Η Green ICT συνεχίζει να ερευνά πώς η χρήση της έξυπνης τεχνολογίας θα μπορούσε να κάνει πολλές άλλες διαδικασίες πιο αποτελεσματικές.

Τι θα συνέβαινε αν το σπίτι σας ήξερε πότε έχετε φύγει από το σπίτι για Σαββατοκύριακο και μπορούσε να απενεργοποιήσει όλες τις συσκευές οι οποίες δεν είναι απαραίτητες; Τι θα συνέβαινε αν αυτό το γνώριζε η εταιρεία ηλεκτρισμού ώστε να μπορούν να ληφθούν έξυπνες αποφάσεις για τη καθημερινή κατανάλωση ισχύος από τους καταναλωτές επιτρέποντας έτσι τη βελτιστοποίηση της παραγωγής; Τι θα συνέβαινε αν η εταιρεία ηλεκτρισμού ενημέρωνε ένα εθνικό δίκτυο που θα μπορούσε να πάρει έξυπνες αποφάσεις σε εθνικό επίπεδο, που απαιτούν την κατασκευή λιγότερων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και συνεχώς την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας;

Όλα αυτά και πολλά άλλα είναι δυνατό να συμβούν με την πιο έξυπνη χρήση της τεχνολογίας των πληροφοριών και είμαστε ακόμα στην αυγή της κατανόησης των δυνατοτήτων της.



# Πεδίο εφαρμογών των Green ICT (1)

Οι Πράσινες Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών (**Green ICT**) μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα ευρύτατο πεδίο εφαρμογών όπως:

- ▶ Περιορισμός ρύπανσης των βιομηχανιών
- ▶ Προειδοποίηση και αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών
- ▶ Βελτίωση πρακτικών που χρησιμοποιούνται στη γεωργία και τη δασοπονία
- ▶ Παρακολούθηση ατμοσφαιρικής και θαλάσσιας ρύπανσης
- ▶ Διαχείριση και ανακύκλωση αποβλήτων
- ▶ Βελτίωση της κατανάλωσης ενέργειας σε μεταφορές, αγαθά και υπηρεσίες

## Πεδίο εφαρμογών των Green ICT (2)

- ▶ Συστήματα παρακολούθησης οχημάτων
- ▶ Εφαρμογές επικοινωνίας με video
- ▶ Ολοκληρωμένα συστήματα διαχείρισης μεταφορών
- ▶ Ευρυζωνικές, ασύρματες και έξυπνες υποδομές
- ▶ Έξυπνα σπίτια (οι κατοικίες είναι μαζί με τις μεταφορές και τη βιομηχανία οι μεγαλύτεροι «παραγωγοί» ρύπων CO<sub>2</sub>)

## Πεδίο εφαρμογών των Green ICT (3)

- ▶ Πράσινη σχεδίαση οικισμών
- ▶ Από-υλοποίηση (π.χ. αντί για τη φυσική μεταφορά ενός δίσκου DVD, μεταφορά του περιεχομένου του μέσω Διαδικτύου)
- ▶ Τηλε-εργασία
- ▶ Τηλεκπαίδευση,
- ▶ Χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας από τις εταιρείες για μείωση των αέριων ρύπων.



## Πεδίο εφαρμογών των Green ICT (4)

- ▶ Ενεργειακά αποδοτικά κέντρα δεδομένων και συστήματα δικτύων,
- ▶ Έξυπνο λογισμικό για δημιουργία χαμηλής κατανάλωσης ηλεκτρονικών συσκευών,
- ▶ Cloud computing και δημιουργία εικονικού περιβάλλοντος, τηλεδιάσκεψη και τηλεπαρουσία,
- ▶ Ευφυή συστήματα μεταφορών και απομακρυσμένης διαχείρισης εμπορευμάτων,
- ▶ Χαμηλής κατανάλωσης εγκαταστάσεις κεραιών.

# Αναγκαιότητα για χρήση Green ICT (1)

Μελέτες έχουν δείξει ότι, στον κτιριακό τομέα ο οποίος ευθύνεται για το **40%** της κατανάλωσης ενέργειας στην ΕΕ, η χρήση Green ICT μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της τάξεως του **10%** στη συνολική ενεργειακή κατανάλωση μέχρι το 2020. Χρησιμοποιούνται έξυπνοι αισθητήρες και μετρητές και κατάλληλο λογισμικό μέτρησης, απεικόνισης και ανάλυσης. Έτσι, με όπλο καινοτόμες υπηρεσίες και συστήματα Green ICT, διαμορφώνεται και ο «έξυπνος» καταναλωτής.



## Αναγκαιότητα για χρήση Green ICT (2)

Αναμφίβολα η Green ICT είναι ισχυρό όχημα προς μία βιώσιμη ανάπτυξη, καθώς έχουν οριζόντια εισχωρήσει σε όλες τις εκφάνσεις της καθημερινότητάς μας. Η σημερινή οικονομική κρίση επιβάλλει την άμεση αξιοποίηση των Green ICT προς την κατεύθυνση μίας βιώσιμης διαχείρισης όλων των φυσικών πόρων του πλανήτη.

Οι τεχνολογίες Green ICT, των οποίων το ενεργειακό αποτύπωμα εκτιμάται στο 2% του συνόλου, μπορούν να συμβάλουν στη βελτίωση της ενεργειακής επίδοσης των δραστηριοτήτων των λοιπών τομέων που αντιστοιχούν στο υπόλοιπο 98% του ενεργειακού αποτυπώματος. Πρόκειται για μια πρόκληση που είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί.

## Αναγκαιότητα για χρήση Green ICT (3)

Συνεκτιμώντας τη ρύπανση που προκαλούν οι ίδιες οι ICT (παραγωγή και χρήση τους) και τις ευεργετικές συνέπειες που μπορεί να έχουν από την εφαρμογή τους σε όλες σχεδόν τις ανθρώπινες δραστηριότητες (π.χ., βιομηχανία, μεταφορές) αλλά και στο πεδίο των φυσικών καταστροφών (π.χ. πυρκαγιές), μπορεί να συμπεράνει κανείς ότι οι Πράσινες (πλέον) ICT ενδέχεται να αποτελέσουν το μοχλό ανατροπής της σημερινής κατάστασης.

Ενδέχεται να αποτελέσουν παράγοντα όχι μόνο επιβράδυνσης αλλά και ουσιαστικής «οπισθοδρόμησης» στην κατάσταση που βρισκόταν το περιβάλλον πριν αρχίσει η αλόγιστη ανθρώπινη παρέμβαση.



## Αναγκαιότητα για χρήση Green ICT (4)

Υπάρχει η αντίληψη ότι η περιβαλλοντική διαχείριση είναι δαπανηρή και άρα εφικτή μόνο από μεγάλες επιχειρήσεις. Πρόκειται για λάθος αντίληψη όπως έχει καταδειχθεί σε πλήθος περιπτώσεων. Οι καθημερινές δυσκολίες δεν πρέπει να αποτρέψουν καμία επιχείρηση από το να λάβει μέτρα τα οποία τελικά θα είναι συμφέροντα σε επιχειρησιακό και κοινωνικό επίπεδο.

Η σύγχρονη επιχείρηση, ιδιαίτερα σε περίοδο κρίσης, όπως η σημερινή στη χώρα μας, αποσκοπεί σε κέρδος, όχι σε επιβάρυνση. Είναι σαν να λέμε «συμφέρει η αναδιοργάνωση ή αλλαγή τεχνολογίας»; Ναι, υπάρχει το αρχικό κόστος, αλλά τελικά προκύπτει σημαντικό κέρδος. Επισημαίνεται όμως ότι δεν υπάρχει αναγκαστικά κάποια αρχική δαπάνη.

# Η συμβολή των επιχειρήσεων (1)

Η συμβολή των επιχειρήσεων στον έλεγχο των περιβαλλοντικών και κοινωνικών επιπτώσεων μπορεί να είναι καθοριστική και μάλιστα σε διάφορα πεδία, όπως:

- ▶ Την επιλογή του χώρου εγκατάστασης και την κάλυψη του εδάφους,
- ▶ Το παραγωγικό και λειτουργικό τους σύστημα,
- ▶ Τα προϊόντα και τις υπηρεσίες που παράγουν,

## Η συμβολή των επιχειρήσεων (2)

- ▶ Το σύστημα επικοινωνίας με τους πελάτες, τους προμηθευτές, εν γένει τα ενδιαφερόμενα μέρη, καθώς και τα μηνύματα που προωθούν,
- ▶ Τον παραδειγματισμό προς τους ανταγωνιστές και τους συνεργάτες τους,
- ▶ Την πίεση που μπορούν να ασκήσουν προς την Πολιτεία και γενικότερα την Κοινωνία,
- ▶ Το ποσοστό ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές και την κατανάλωση πόρων ανά μονάδα προϊόντος

## Η συμβολή των επιχειρήσεων (3)

Οι δράσεις σε καθένα από τα πεδία αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν από απλές παρεμβάσεις μέχρι στρατηγικές δεσμεύσεις και από μικρές λειτουργικές διαφοροποιήσεις μέχρι περίπλοκες τεχνικές ή οργανωτικές αναδιαρθρώσεις.





# Οφέλη μιας «πράσινης» επιχειρηματικής συμπεριφοράς (1)

Στα οφέλη μιας «πράσινης» επιχειρηματικής συμπεριφοράς λόγω υιοθέτησης εργαλείων που βασίζονται στην Ανάλυση Κύκλου Ζωής και την εισαγωγή πολιτικών Εταιρικής Υπευθυνότητας περιλαμβάνονται και τα εξής:

- ▶ Οικονομικά οφέλη λόγω μείωσης περιβαλλοντικών αρνητικών επιπτώσεων
- ▶ Ικανοποίηση του προσωπικού με την αίσθηση συμμετοχής σε δράσεις κοινωνικής προσφοράς

# Οφέλη μιας «πράσινης» επιχειρηματικής συμπεριφοράς (2)

- ▶ Προσαρμογή στα νέα διεθνή πρότυπα Εταιρικής Στρατηγικής
- ▶ Θωράκιση ενάντια στην "Πράσινη Εξαπάτηση"
- ▶ Ικανοποίηση των μετόχων με την αίσθηση συμμετοχής σε μια κοινωνικά και περιβαλλοντικά ευαίσθητη εταιρία



# Οφέλη μιας «πράσινης» επιχειρηματικής συμπεριφοράς (3)

- ▶ Ανταγωνιστικό πλεονέκτημα σε κλαδικό/διεθνές επίπεδο
- ▶ Εξασφάλιση βιωσιμότητας του οργανισμού
- ▶ Αποτελεσματική διαχείριση ρίσκου
- ▶ Αμφίδρομη δέσμευση με ενδιαφερόμενα μέρη.

# Πολιτικές δράσεις (1)

Η παγκοσμιοποίηση στην παραγωγή, μετακίνηση, χρήση και τελική διάθεση των προϊόντων της ICT, αλλά και οι τεράστιες κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις που αυτές δημιουργούν, επιβάλλει την εισαγωγή κανονισμών σε διεθνές επίπεδο. Αυτό είναι ευθύνη των κυβερνήσεων και των διεθνών οργανισμών. Χρειάζονται δηλαδή, κατ' ελάχιστον, πολιτικές δράσεις σε τομείς όπως:

- ▶ Πράσινες Πρακτικές
- ▶ Δεοντολογία στην παραγωγή και χρήση προϊόντων ICT
- ▶ Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις
- ▶ Πράσινη Βαθμολογία για όλα τα σχετικά προϊόντα η οποία θα είναι απαραίτητη στο μέλλον για συμμετοχή σε διαγωνισμούς του Δημοσίου

## Πολιτικές δράσεις (2)

Βασική προϋπόθεση επιτυχίας τέτοιων πολιτικών είναι η εξασφάλιση κατάλληλου ανθρώπινου δυναμικού. Απαιτείται, κατ' ελάχιστον, κατάρτιση στελεχών του τομέα ICT σε θέματα Περιβάλλοντος και Βιωσιμότητας. Δεν αρκεί η γνώση της τεχνολογίας της πληροφορικής για την κατανόηση των θεμάτων της βιώσιμης ανάπτυξης και για αποτελεσματικές παρεμβάσεις. Ακριβώς όπως ο ειδικός σε ICT, που χειρίζεται ένα πρόγραμμα/λογισμικό υδραυλικών συστημάτων χρειάζεται τον ειδικό επιστήμονα της Υδραυλικής για να κατανοήσει τα σχετικά υδραυλικά φαινόμενα και να προτείνει παρεμβάσεις.

## Πολιτικές δράσεις (3)

Η εισαγωγή πράσινων πρακτικών στις Κυβερνητικές Υπηρεσίες, όχι μόνο οδηγεί σε μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων αλλά προτρέπει και ενθαρρύνει ίδιες πρακτικές από τον ιδιωτικό τομέα. Η Κυβέρνηση μπορεί να επιβάλλει πρακτικές αύξησης της ενεργειακής απόδοσης των ICT που χρησιμοποιεί, ή πράσινες προδιαγραφές για όλες τις προμήθειες ICT.



## Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο

Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο γίνεται προσπάθεια για τον καθορισμό προτύπων σε ICT ώστε να προχωρήσουμε σε αποδοτική εφαρμογή των ICT σε όλους τους τομείς, όπως μεταφορές, διαχείριση ενέργειας, κατασκευαστικό τομέα κ.ά. Μία από τις φιλοδοξίες της ΕΕ είναι να αναπτυχθεί σε μία οικονομία χαμηλού άνθρακα (low-carbon economy). Ειδικότερα, σκοπεύει να εφαρμόσει ένα συγκεκριμένο πλαίσιο πολιτικής υπό το πρίσμα των ακόλουθων δύο περιβαλλοντικών και ενεργειακών στόχων που έχει θέσει για το 2020:

- ▶ Μείωση κατ' ελάχιστο 20% των αερίων του θερμοκηπίου
- ▶ Μέχρι το 2020, το 20% της Ευρωπαϊκής κατανάλωσης ενέργειας να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

## Σε διεθνές επίπεδο

Σε διεθνές επίπεδο, οι περισσότερες πολιτικές και στρατηγικές αφορούν στην μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στη φάση της χρήσης (π.χ. με μείωση της κατανάλωσης ενέργειας).

Πολύ λίγες είναι οι πολιτικές που στοχεύουν στη μείωση επιπτώσεων σε όλο τον κύκλο ζωής, αν και είναι γνωστό ότι η παραγωγή, διακίνηση και τελική διάθεση έχουν μεγαλύτερες επιπτώσεις από αυτές της χρήσης.





## Συμπέρασμα...

Τελικά, η έννοια των τεχνολογιών Green ICT αγγίζει τις ζωές όλων μας και φέρνει μαζί δύο μεγάλα θέματα που αφορούν το μέλλον του σημερινού κόσμου, την τεχνολογία και το περιβάλλον μας.

Η «**πράσινη**» επιχειρηματικότητα, ιδιαίτερα αν αυτή πιστοποιείται από διεθνείς φορείς, συνεπάγεται και οικονομικά οφέλη για την Επιχείρηση.

Είναι σημαντικό λοιπόν, να γίνει κατανοητό ότι η Green ICT πρέπει να χρησιμοποιείται από τις επιχειρήσεις με υπευθυνότητα και συνέπεια, ώστε να αξιοποιηθούν οι δυνατότητες που προσφέρονται για τη δημιουργία ενός καλύτερου κόσμου.



# Βιβλιογραφία

- ▶ <http://www.getbusy.gr/Section/Details/25/Green%20ICT>
- ▶ <http://www.greenict.org.uk/what-is-green-ict>
- ▶ <https://www.epcc.ed.ac.uk/sites/default/files/Dissertations/2010-2011/PanagiotisKritikakos.pdf>
- ▶ <http://www.scientificcomputing.com/articles/2013/02/power-optimization-hpc-enterprise-and-mobile-computing>
- ▶ <http://www.etsi.org/news-events/events/668-2013-ee-workshop>

