GNU/Linux (e il software libero) nella fisica delle particelle elementari

Roberto Ferrari

Parma GLUG

GNU/Linux Day 2011

22 ottobre 2011

ACRONIMI:

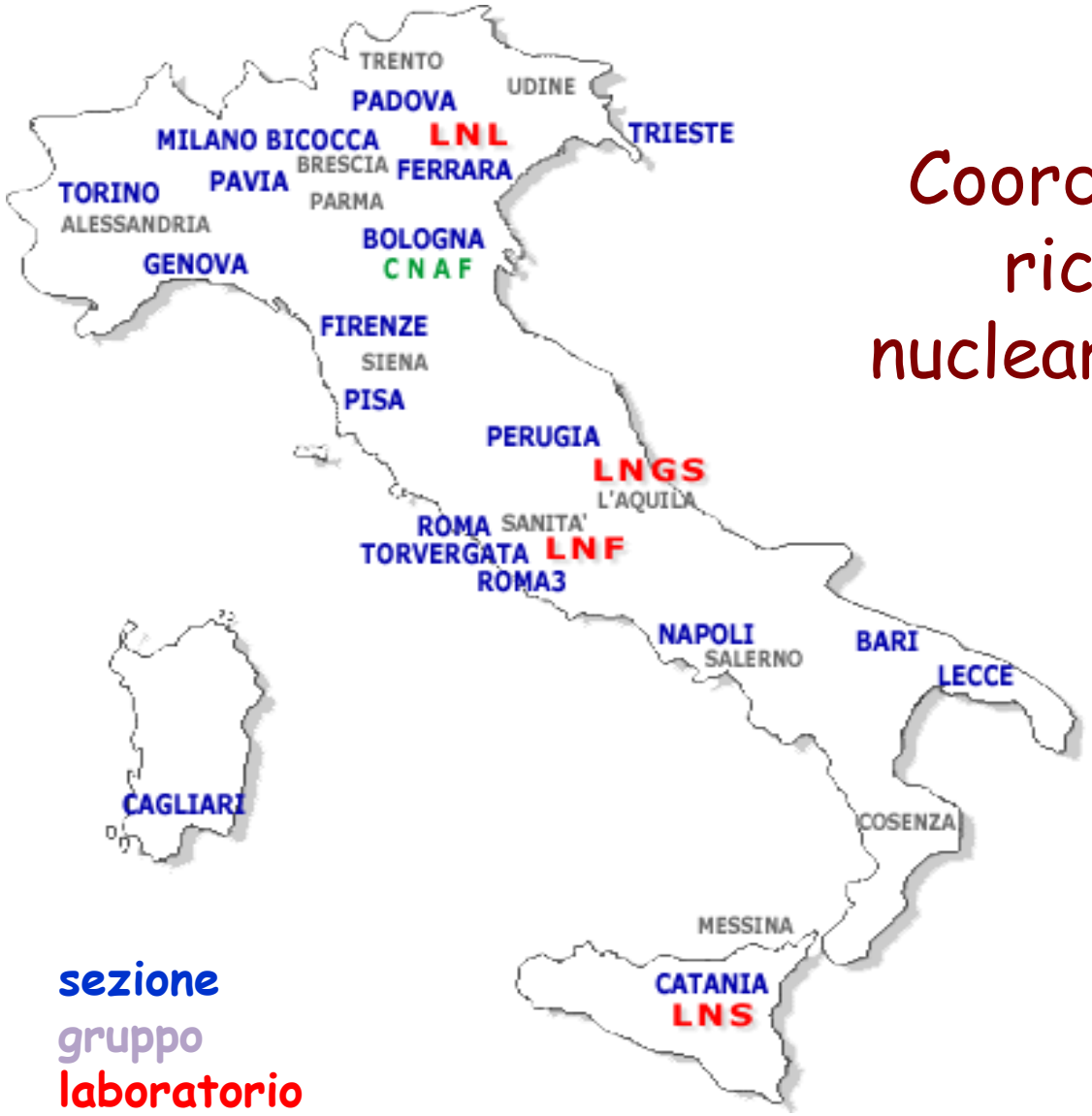
INFN:

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

CERN:

European Organization for Nuclear Research

l'INFN

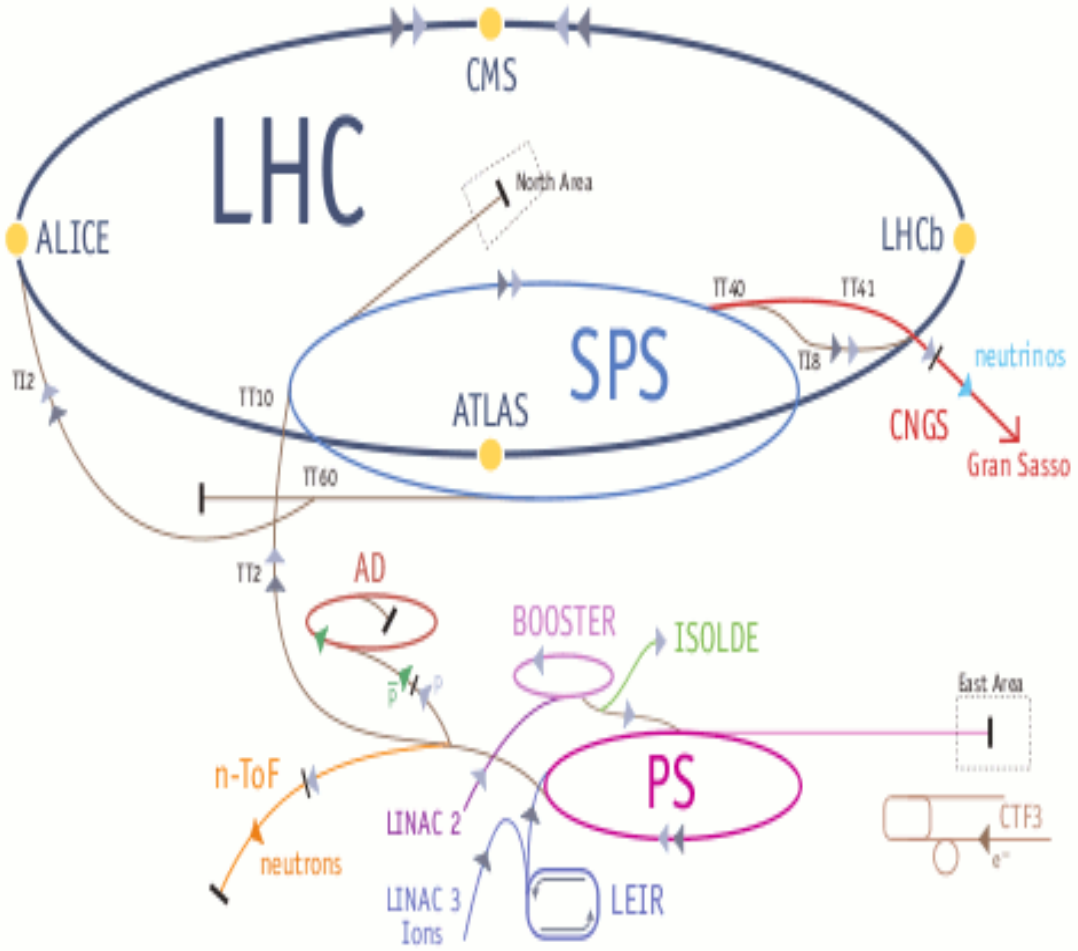


sezione
gruppo
laboratorio

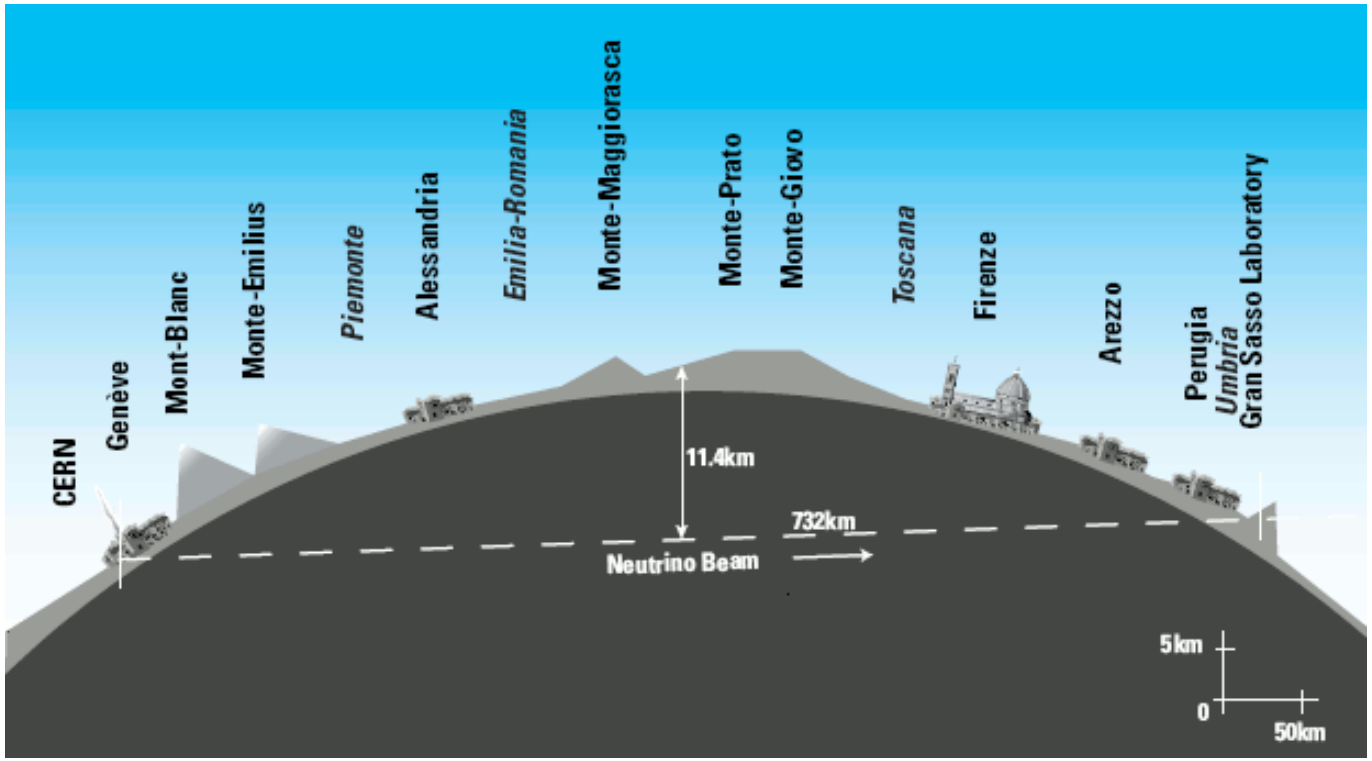
Coordina e finanzia la ricerca in fisica nucleare e sub-nucleare in Italia

il CERN

Laboratorio europeo per la fisica delle particelle

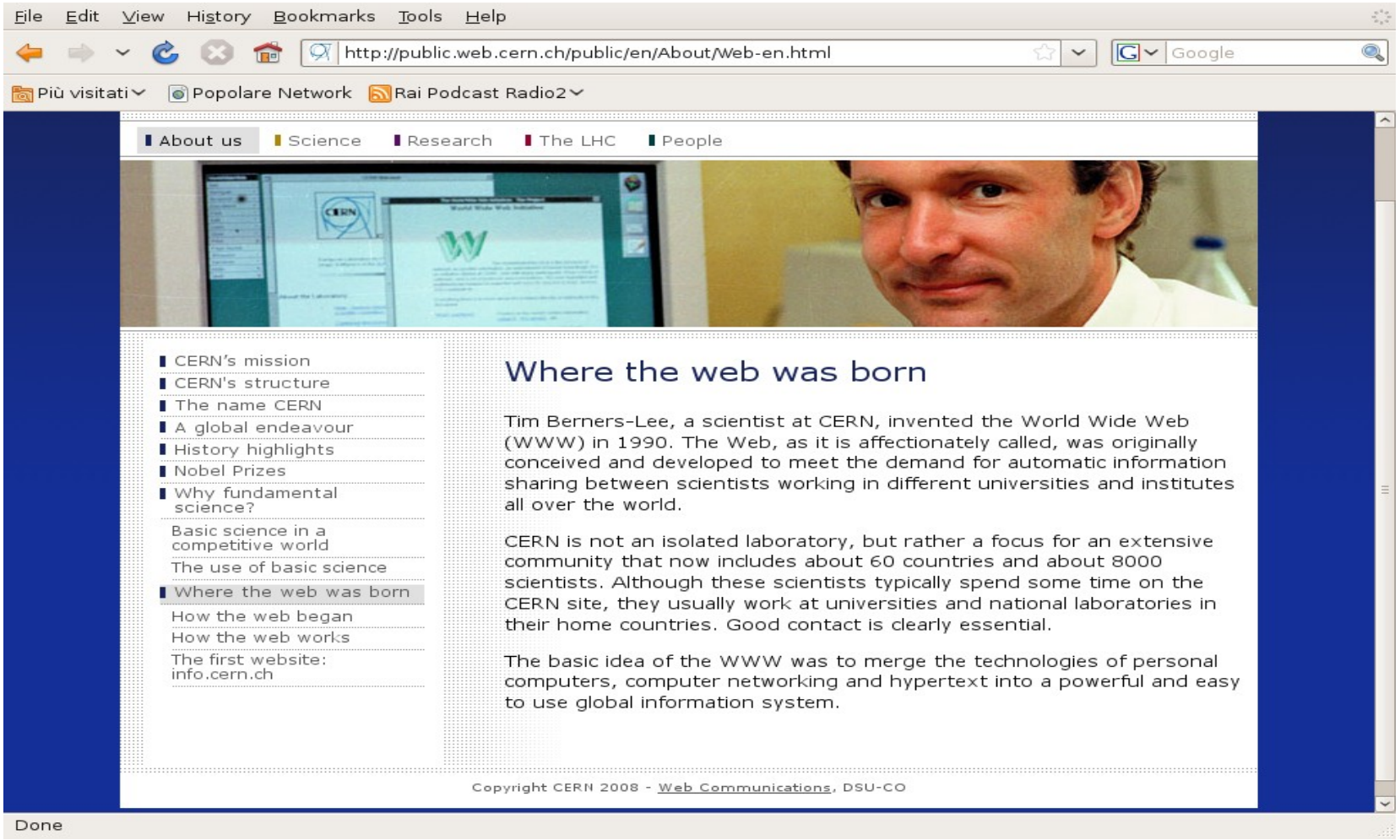


dal CERN al Gran Sasso (INFN)



punto medio ~ monte Maggiorasca (confine Parma-Piacenza-Genova) vicino a Bardi

dove è nato il Web ?

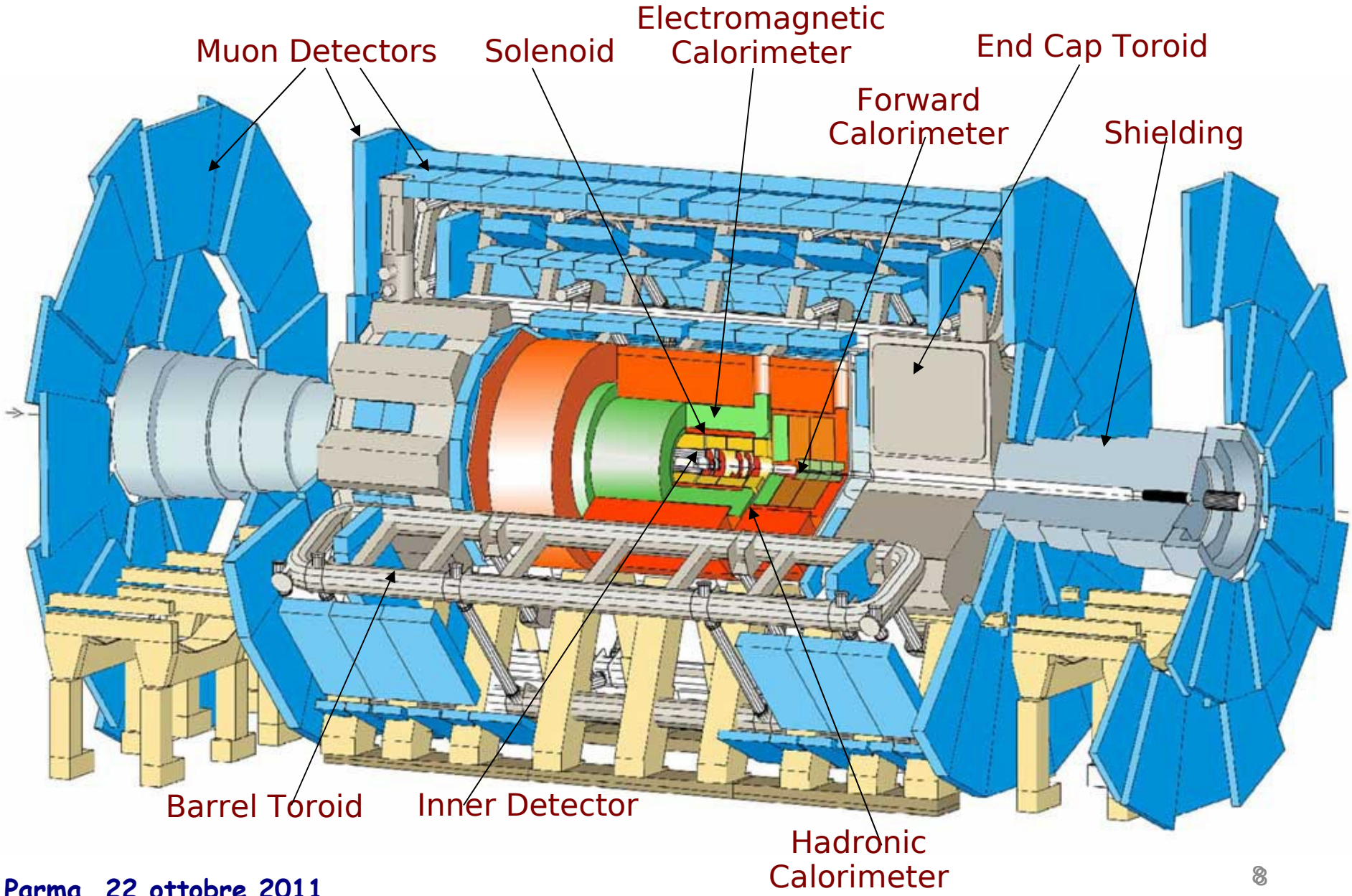


nel 2009 ha festeggiato i 20 anni

http://info.cern.ch/www20

LHC

ATLAS: un microscopio alto 22 e lungo 46 m



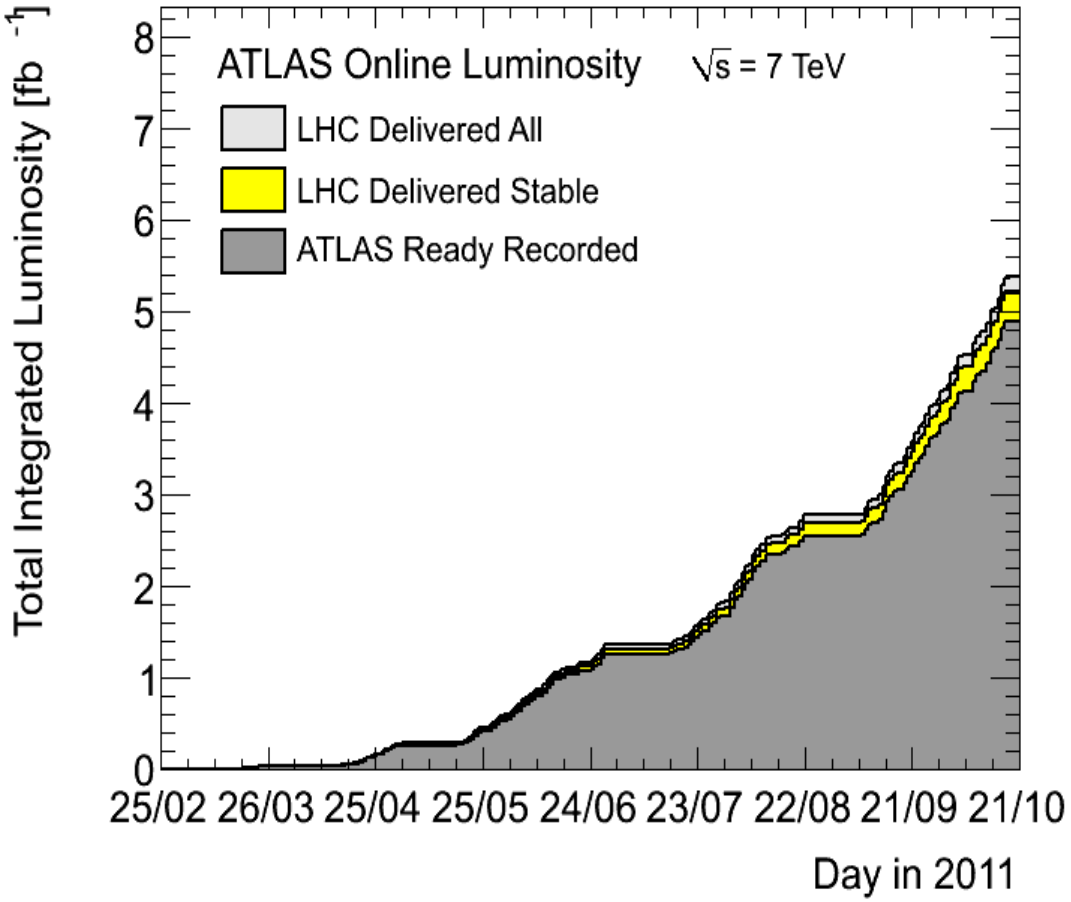
~ 3000 scienziati di 174 istituti da 38 paesi diversi
più di 1000 studenti di dottorato!

Argentina
Armenia
Australia
Austria
Azerbaijan
Belarus
Brazil
Canada
Chile
China
Colombia
Czech Republic
Denmark
France
Georgia
Germany
Greece
Israel
Italy
Japan
Morocco
Netherlands
Norway
Poland
Portugal
Romania
Russia
Serbia
Slovakia
Slovenia
South Africa
Spain
Sweden
Switzerland
Taiwan
Turkey
UK
USA
CERN
JINR

ATLAS Collaboration

July 2010

Dati 2011



~ 400 eventi/s

1 evento ~ 1.5 MB

-50% "zip" in volo

~ 1 TB/ora

live time ~ 33%

→

~3 PB/anno

[4 miliardi di eventi]

il Calcolo in ATLAS/LHC

- ONLINE: interattivo / real time (?)
  1. selezione e acquisizione dati (DAQ)
  2. trasferimento e storaggio

- OFFLINE: ~ non interattivo (code batch)
  3. ricostruzione eventi
  4. analisi
  5. simulazione

Problematiche

- ONLINE

→ efficienza, velocità, robustezza, stabilità,
enormi flussi di dati, controllo strumentazione

- OFFLINE

→ precisione, ripetibilità

rete, storage, database, fogli elettronici, …

versioning, documentazione … "event display"

Real Time ?

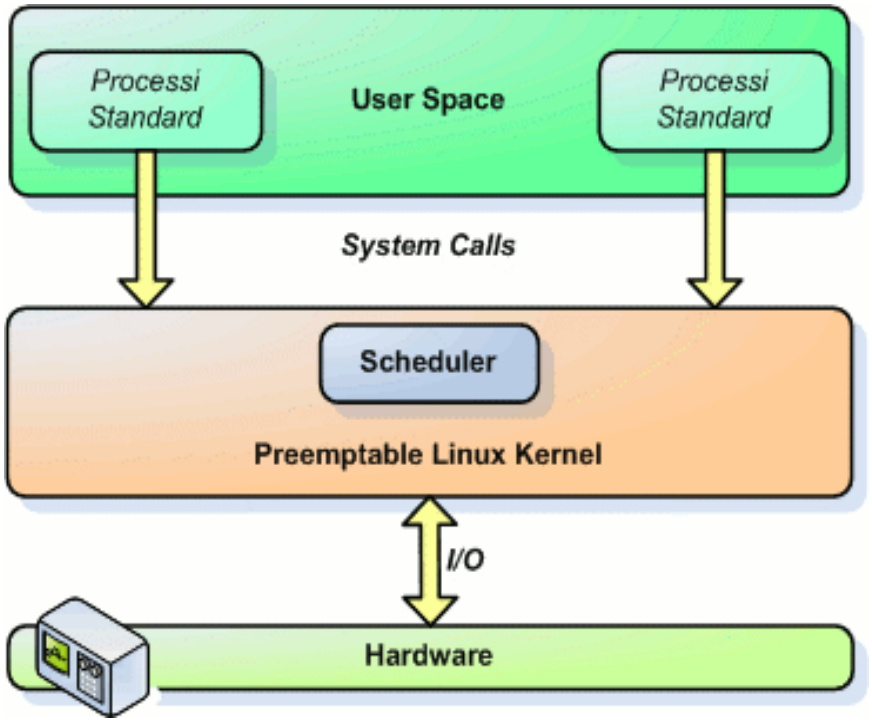
REAL TIME O.S. :

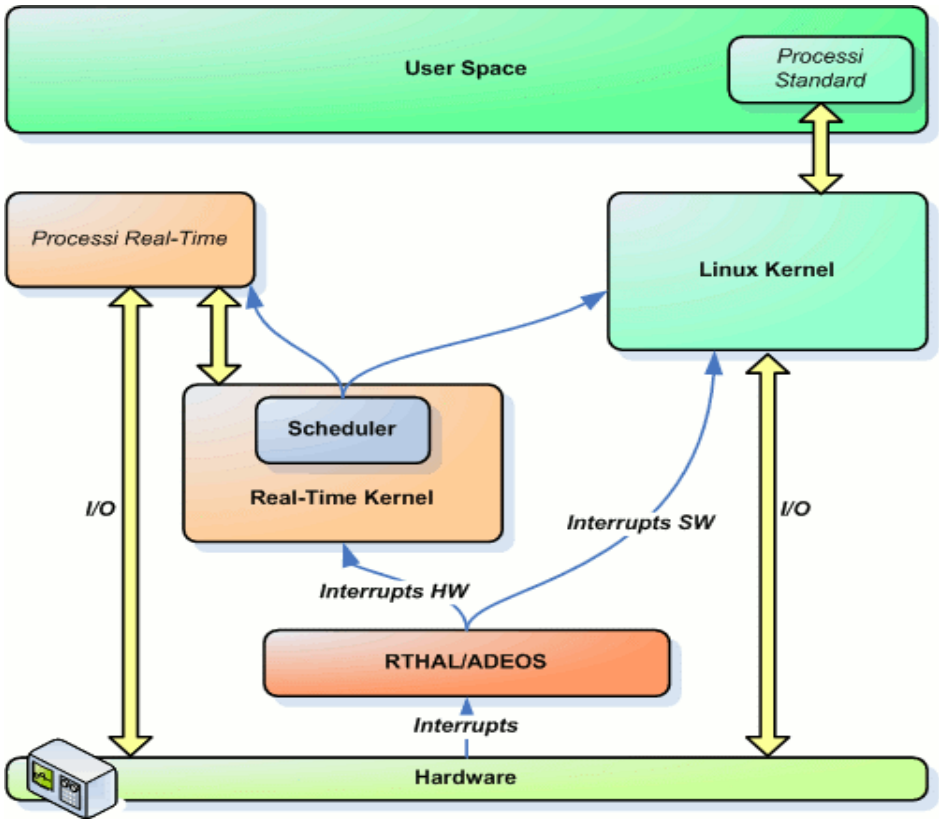
massimo ritardo di risposta definito

Il kernel "standard" UNIX non è real time:

una chiamata di sistema può richiedere un tempo lungo a piacere ...

UNIX "Real-Time"





Low-latency patch (Ubuntu Studio): linux kernel interrompibile

RTAI: il kernel linux gira come una applicazione a priorità maggiore

S.L.C. (x86)

Scientific Linux: release creata e mantenuta da FermiLab e Cern (più altre università e laboratori nel mondo)

Nata nel 2004 a Fermilab

"Red Hat Enterprise Linux" ricompilata e integrata con pacchetti specifici:

https://www.scientificlinux.org/

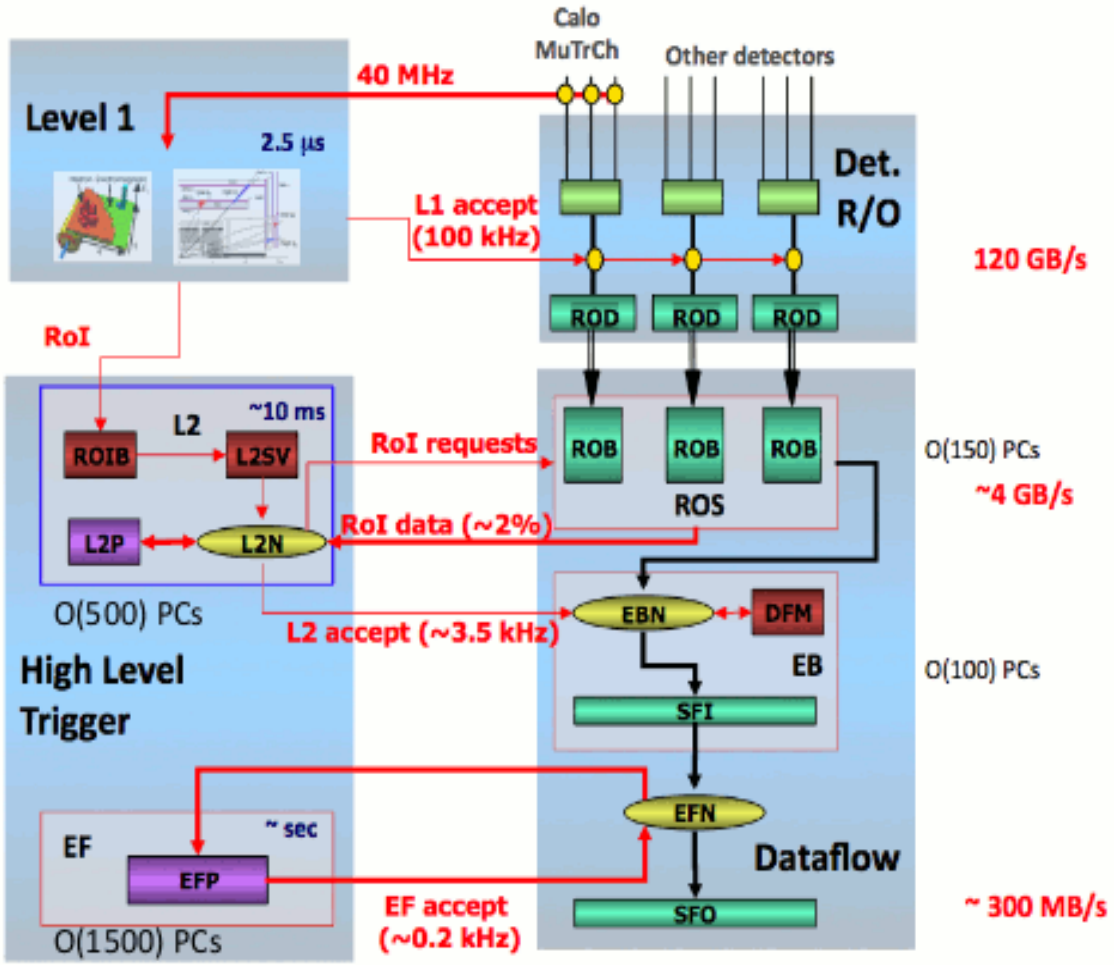
Scientific Linux Cern: sottovariante CERN

http://linux.web.cern.ch/linux/scientific.shtml

DAQ @ ATLAS

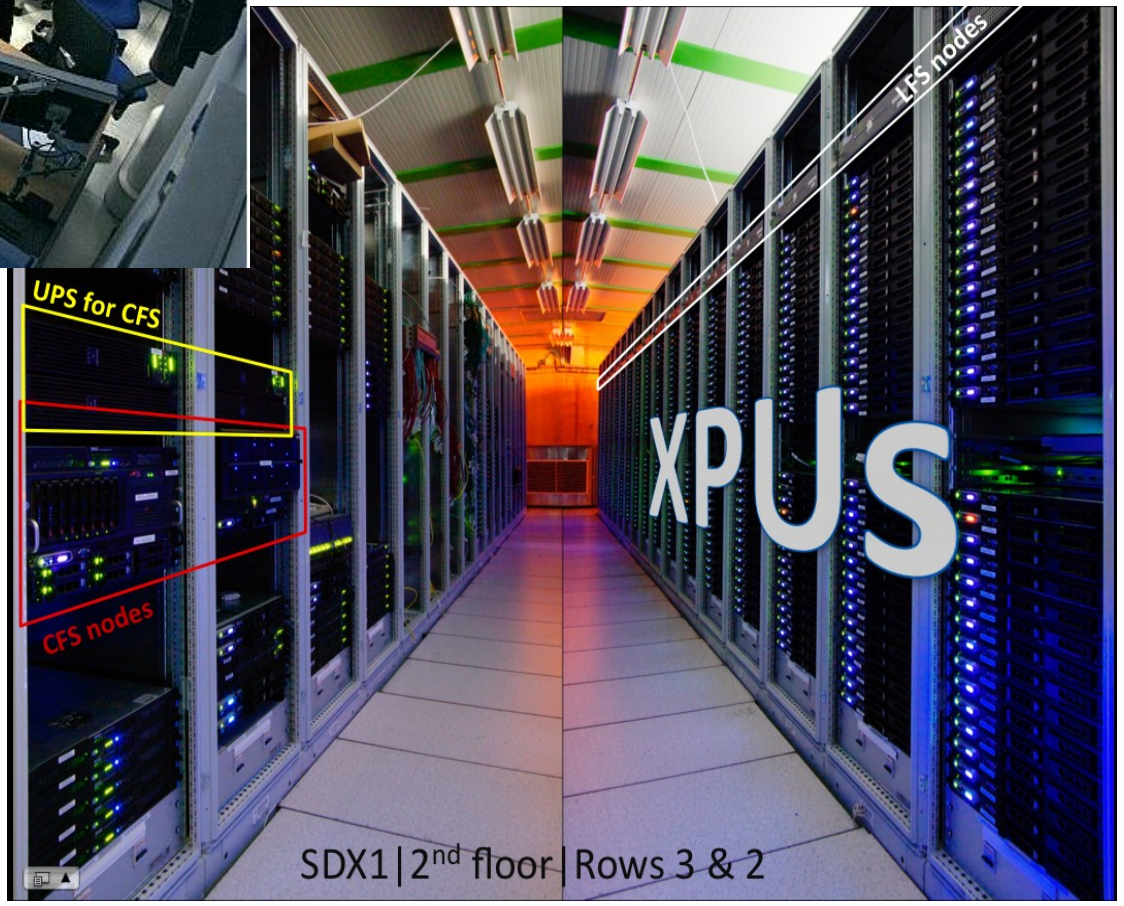
Selezione eventi "on-line"

- Elettronica e computer dedicati
- migliaia di processori in parallelo (hardware)
- decine di migliaia di processi da controllare (software)



la Sala di Controllo

i Rack

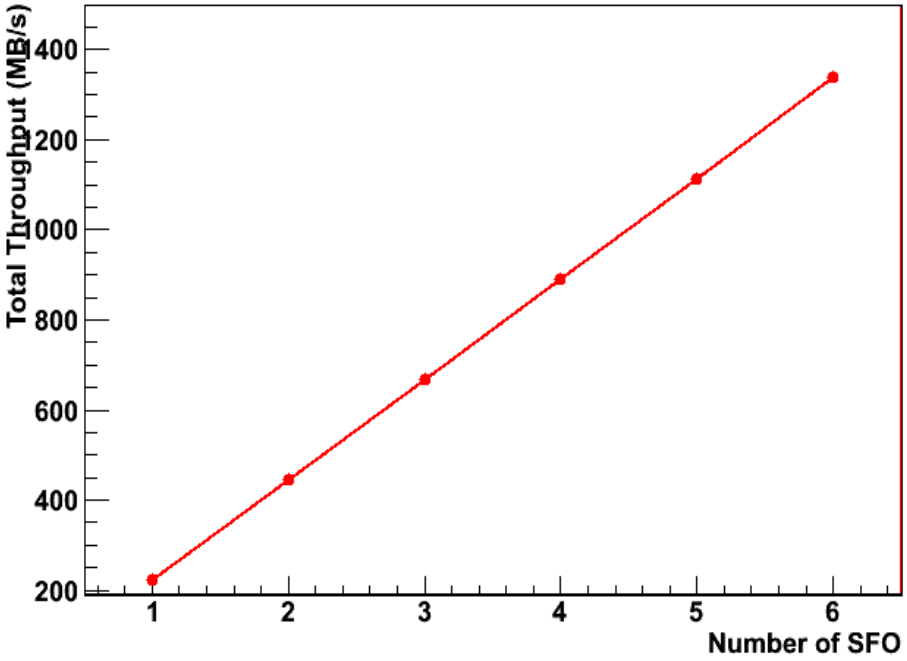


Parma, 22 ottobre 2011

SFO = Online Storage (cache)

6 macchine:

- 24 dischi 1 TB = 144 TB
- 2x4 core (16 "processori" ind.)
- 24 GB RAM



fra la via Emilia e il West

E4 Computer Engineering - Scandiano

http://www.e4company.com/

500 sistemi di calcolo HPC all'INFN

Aggiudicandosi questa importante fornitura, E4 si riconferma ancora una volta come realtà di riferimento nell'ambito dei supercomputer a livello nazionale, ma anche internazionale

E4 Computer Engineering, Azienda specializzata nella produzione di sistemi informatici d'alta fascia e a elevate performance per l'industria e i centri di calcolo e ricerca scientifica, ha vinto l'ultima gara di appalto di IT procurement dell'INFN – CNAF, il Centro Nazionale per la Ricerca e Sviluppo nelle Tecnologie Informatiche e Telematiche.

Aggiudicandosi questa nuova fornitura di quasi 500 High Performance PC (HPC), E4 ha dimostrato ancora una volta sul campo la bontà del proprio modello di business e l'elevata professionalità del proprio team, in gran parte ingegneri provenienti dalle università emiliane, che le hanno consentito di competere ad armi pari e superare anche in questo caso i più importanti player della tecnologia a livello mondiale.

Vincenzo Nuti.

Aggiudicandosi quest'ultima gara, la dinamica azienda emiliana può oggi vantare all'interno dell'INFN circa 2.300 computer ad alte prestazioni, che contribuiscono quotidianamente al lavoro dell'ente di ricerca, ai quali si aggiungono sistemi storage in grado di immagazzinare sui loro 6.700 dischi rigidi informazioni per oltre 14 Petabyte, ossia 14.000 Terabyte.

Le esperienze e il know-how accumulato sul campo, anche grazie al CNAF dell'INFN, hanno consentito all'azienda di diventare da qualche anno fornitore di sistemi ad alte prestazioni anche per il prestigioso CERN di Ginevra, il più importante e famoso centro di ricerca mondiale. In questo "tempio" della ricerca, i sistemi di E4 costituiscono dal 25 al 33% dei sistemi di calcolo e d'immagazzinamento dei dati del data center e, a oggi, l'azienda è l'unica realtà tutta italiana che riesce a competere con successo con i "big" internazionali.

"I sistemi di calcolo e supercalcolo sono spesso totalmente sconosciuti al grande pubblico, ma i supercomputer giocano, in realtà, un ruolo straordinariamente importante quando si ragiona in termini di competitività e sviluppo di un paese, poiché permettono di effettuare, ad esempio, simulazioni e test su nuovi prodotti, prima ancora di averli realizzati, con evidenti vantaggi in termini di tempo e denaro.", ha affermato Vincenzo Nuti, Amministratore Delegato di E4 Computer Engineering, che ha poi proseguito: "Ritengo, in ogni caso, che i livelli di eccellenza che abbiamo raggiunto vadano in parte sicuramente ricercati nel tessuto dell'Emilia Romagna, regione in cui abbiamo sede e dove abbiamo avuto modo di trovare sia professionalità, che opportunità, due ingredienti che hanno certamente contribuito al nostro successo anche in campo internazionale."

Per informazioni:
www.e4company.com

Settembre 2011 Pagina 25

- PC / WS INTEL ENTRY
- WORKSTATION INTEL
- SERVER INTEL 1U RACK
- SERVER INTEL 2U/3U RACK
- SERVER INTEL 4U/TOWER
- SISTEMI EMBEDDED
- HIGH DENSITY
- SERVER AMD 1U/2U RACK
- GPU SOLUTIONS
- SISTEMI DI STORAGE
- SWITCH ETH / FC / IB
- ARMADI
- CPU-HD-RAM-SW-VGA
- Componenti ed accessori
- Supermicro - chassis M/B
- Adapter HBA / HCA
- Networking - KVM - UPS

Parma, 22 ottobre 2011

Software ...

Trasferimento, processamento, monitoraggio dati:

C/C++ (protocolli di rete: UDP, TCP)

GUI: Java / JS / Qt / Python (tk/tcl)

Sistema Esperto: Common Lisp

Inter Process Communication: CORBA

Configurazioni/Calibrazioni/Allineamenti/Geometrie:

file, OKS (xml), COOL, ORACLE, SQLITE, Python ...

largo uso di Proxy

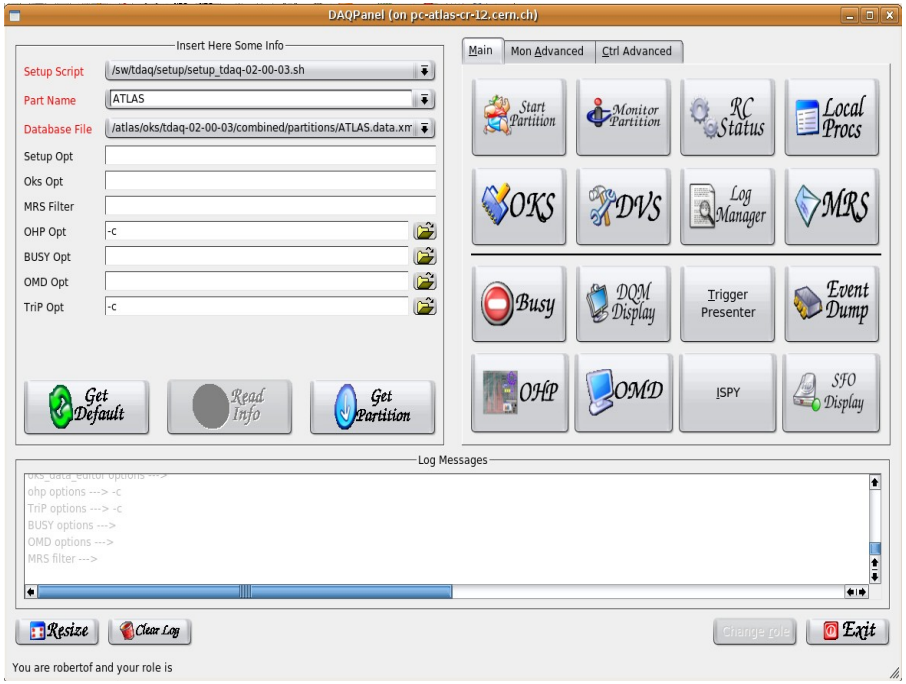
Documentazione, gestione problemi: WWW, Twiki, Savannah

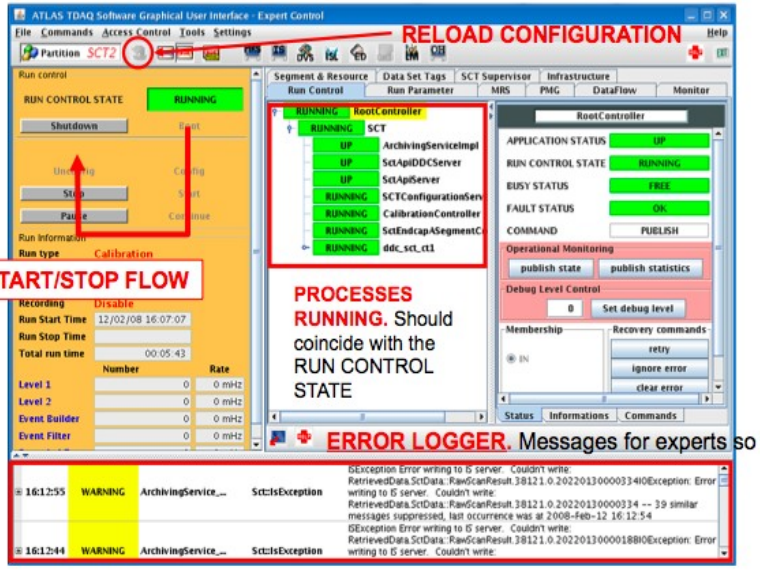
... Nagios (monitoraggio !), IPMI (controllo !) ...

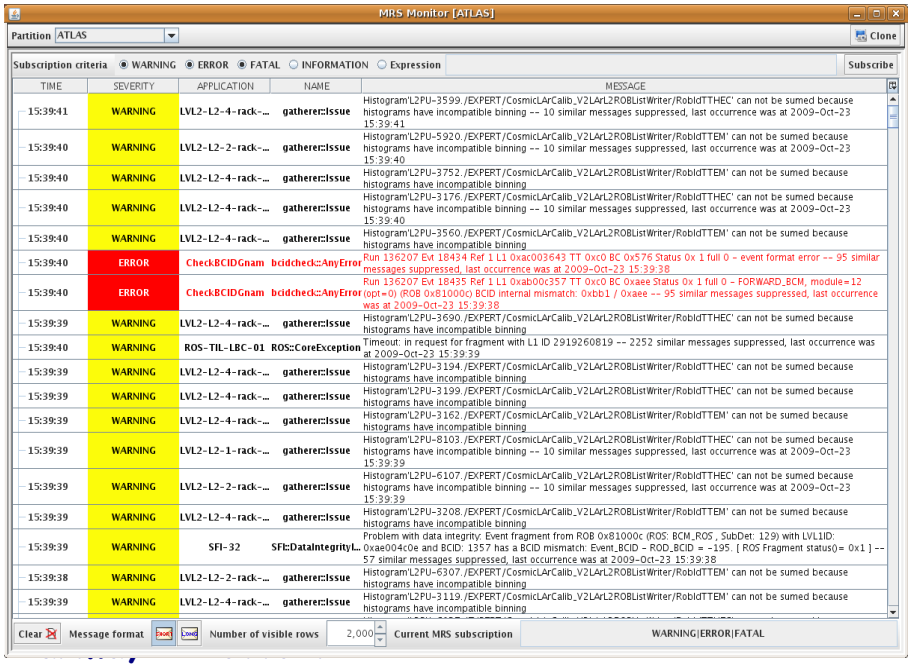
Parole chiave: Macchine a Stati Finiti, Scalabilità,

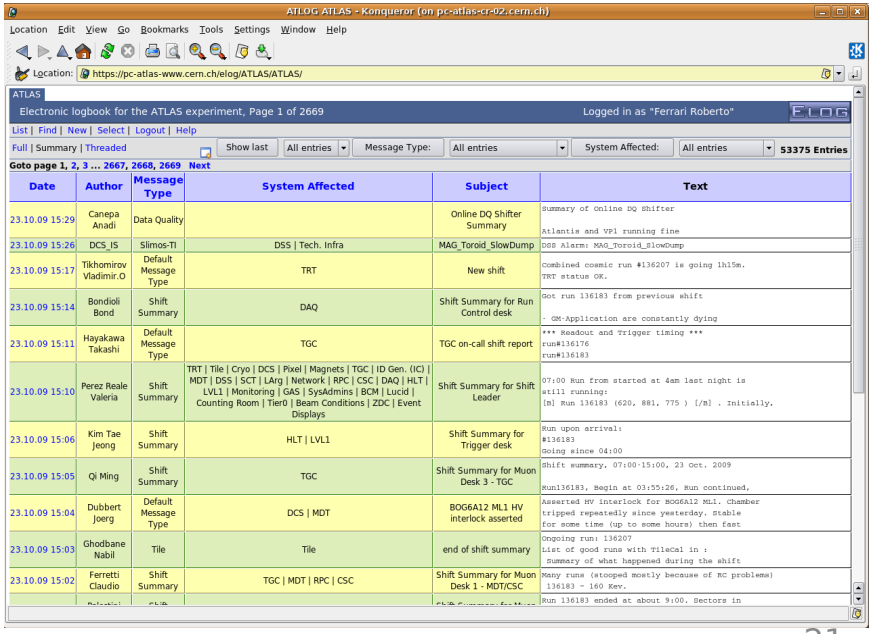
Partizionabilità, Configurabilità, Sicurezza

Run Control
Macchina a Stati Finiti



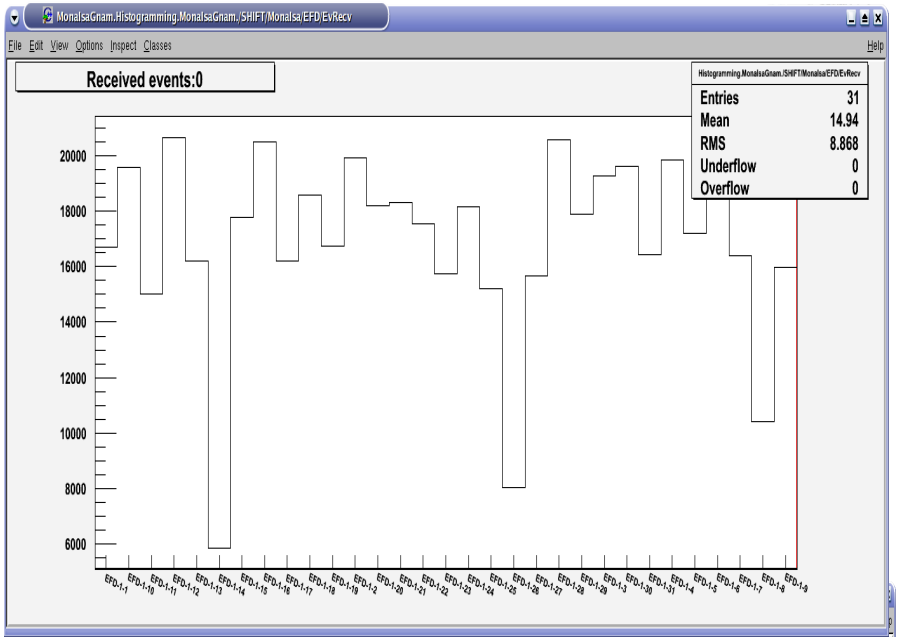


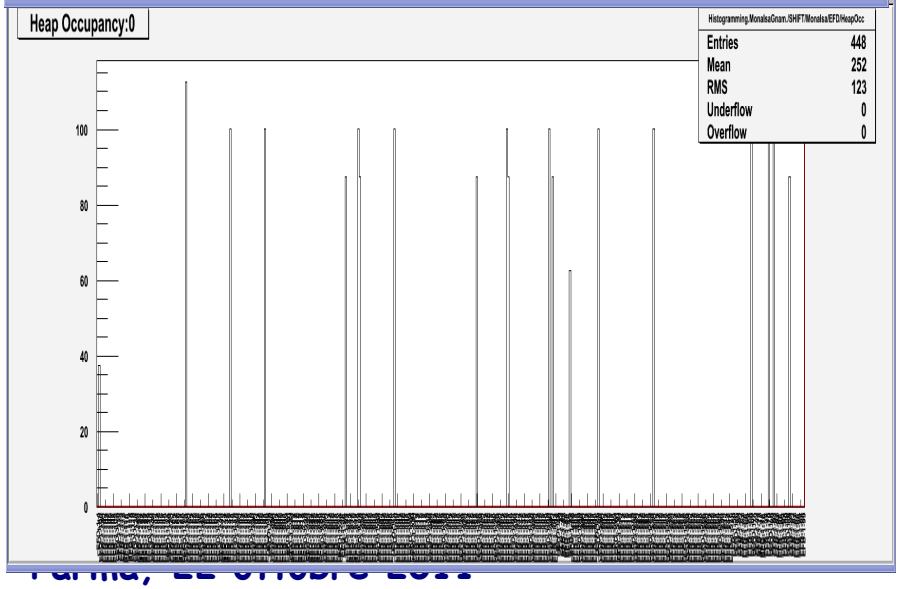


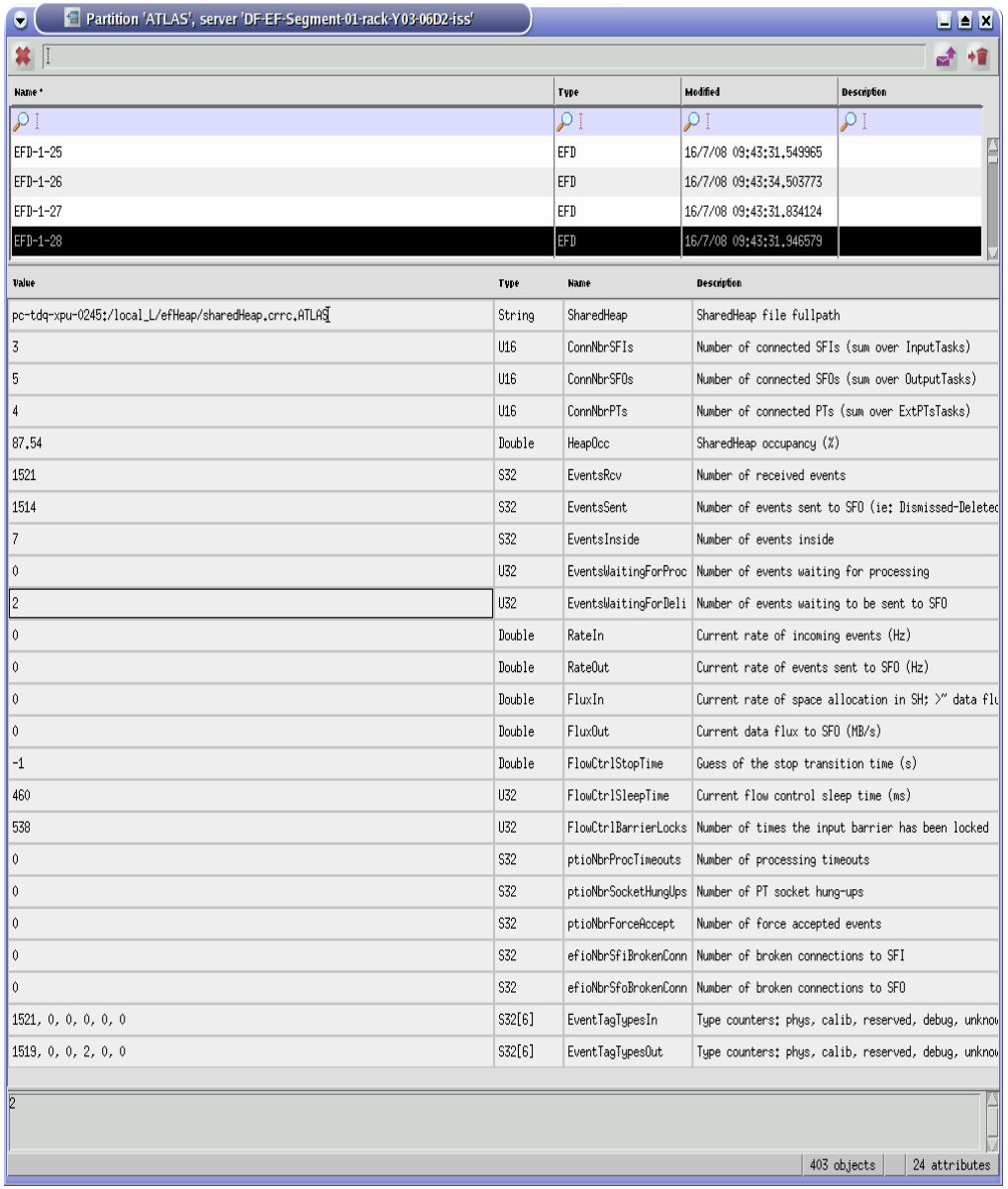


Monitoraggio Online

Information Service







JavaScript + Web

Web Interface to Atlas Online Information Service

The WebIS service complements the Web Monitoring Interface by providing generic access to any object and histogram in the Atlas online Information Service. This allows to build simple HTML and/or Javascript based web pages that show up-to-date online information from Point 1.

The following list shows some general applications that will be useful for experts who are outside of P1 as well as some examples on how the information can be processed and presented with some simple Javascript code.

Simply look a the HTML source to see how to include e.g. the status display or a histogram into your own page.

Generic Applications

Based on the ExtJS framework

These are best viewed with a modern browser with a fast Javascript implementation (Firefox > 3.0, Opera > 10.0, Google Chrome, Internet Explorer 8.x). Older browsers will be either very slow or not work at all (e.g. Konqueror). In fact, in many cases IE will not work properly either, I suggest to use any other browser instead...

- Histogram Browser
- Information Service
- Process Manager
- OKS Configuration Browser
- Combined Browser

Simple HTML plus some Javascript

- A simple example on how to integrate histograms into a web page
- Simple Browser

DAQ Examples

- Status Display for other partition Status message only

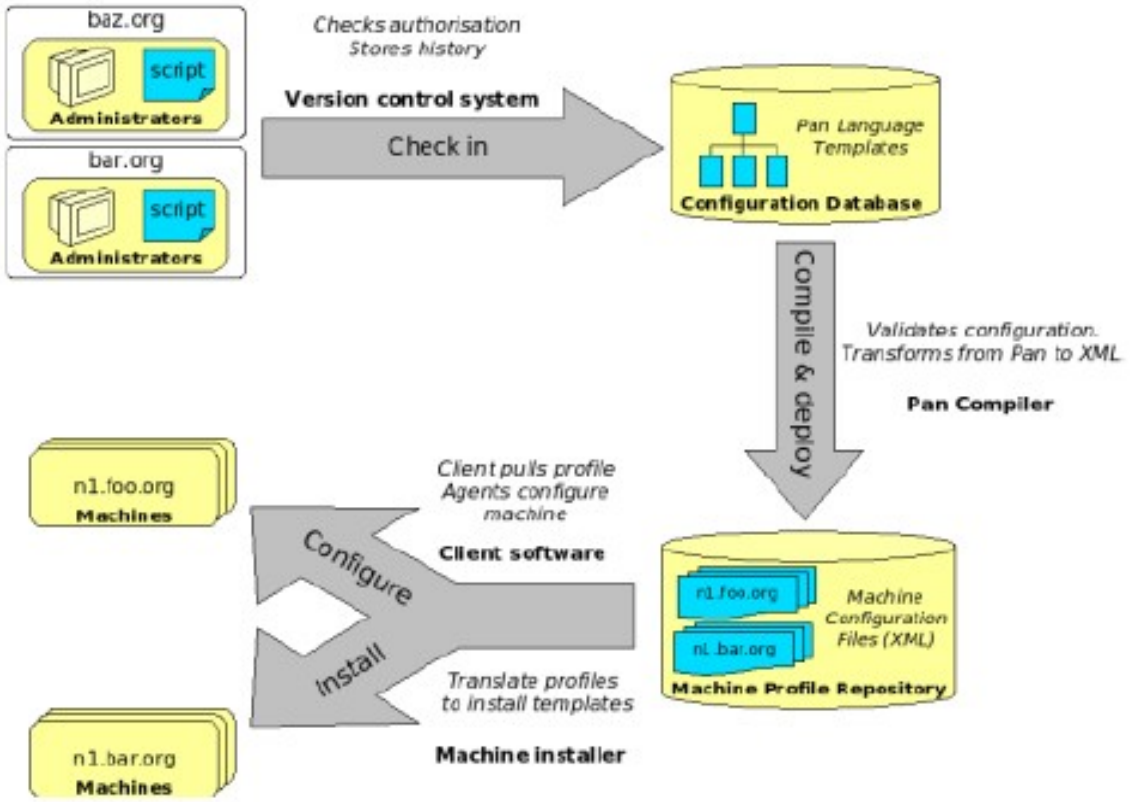
  ATLAS: RUNNING **Run Number:** 167521 **Run Type:** Physics **Start:** 22/10/10 23:08:14 **End:** 1/1/70 01:00:00

- Run Status

System Management

Quattor Workflow

The quattor toolsuite caters for every stage of a typical system management workflow, from specification and management of configurations, to installation of new machines from scratch, to ongoing maintenance of software and services.



Offline

O(1 miliardo) di eventi all'anno da ricostruire e analizzare

~ Altrettanti da simulare

STORAGE

~3 PB/anno

CPU

~ 7000 kSi2k*anno

Analisi Eventi

Ambiente complesso … ogni livello richiede competenze specifiche:

Dall'online arrivano informazioni "grezze" (numeri):

→ misure di tempi, cariche elettriche, tensioni

Ricostruzione a più stadi (attività centralizzata):

→ informazioni fisiche (posizioni, velocità)

→ identificazione particelle, energia, quantità di moto

Analisi fisica (attività caotica):

→ criteri di separazione fondo / segnale (selezione eventi)

→ analisi statistica

Simulazione, Ricostruzione e Analisi Dati

Attività distribuita verticalmente e orizzontalmente::

Tier-0 (CERN) → Tier-1 (grossi centri nazionali)

→ Tier-2 (centri regionali) → Tier-3 (istituti)

Ampio uso della virtualizzazione

Dati distribuiti con ridondanza (almeno due copie di ogni dataset)

Cataloghi (database) per tenerne traccia

Esecuzione delocalizzata: nuovo strato software (middleware) che indirizza gli eseguibili dove si trovano i dati, raccoglie e assembla i risultati

la GRID

la Griglia (GRID)

Dati LHC equivalenti a ~20 milioni di CD (una pila alta 20 km) all'anno

Per l'analisi necessari ~100mila dei più veloci processori odierni

WWW: accesso a informazione archiviata in diverse località geografiche

GRID: accesso a risorse di calcolo e di archiviazione dati distribuite su tutto il pianeta

il Middleware

un ulteriore livello di astrazione:

connette applicazioni, componenti, sistemi, su scale regionali, nazionali, internazionali

hardware → software → middleware

permette di analizzare dati o eseguire applicazioni su macchine distribuite in tutta la rete

Il Calcolo LHC in Italia

Tier-1: CNAF (Bologna) unico per tutti gli esperimenti LHC (e non solo)

Tier-2: ~10 (Roma, Legnaro, Torino, Napoli, Catania, CNAF, Pisa, Milano)

Investimento (ad oggi) ~ 30 M Euro (incluse infrastrutture CNAF)

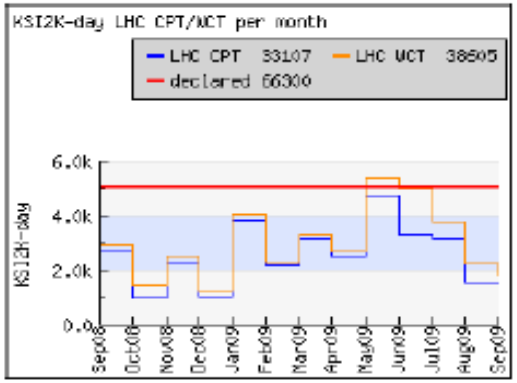
+ molti anni uomo di sviluppo sw (anche grazie a finanziamenti europei)

Il Portale di Monitoring

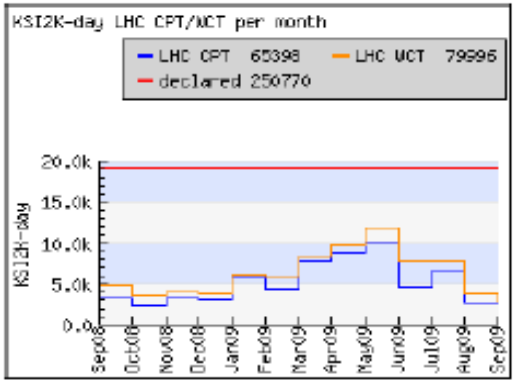
HLRmon Distributed Grid Accounting System

Uso CPU T2 ATLAS

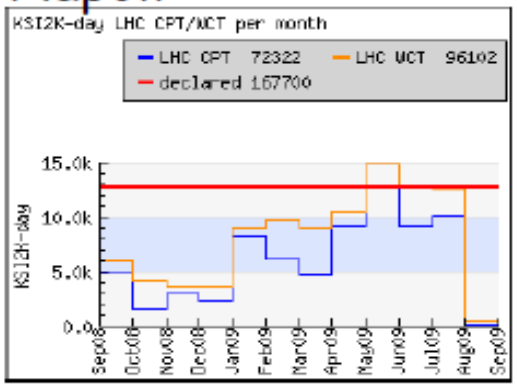
"Frascati"



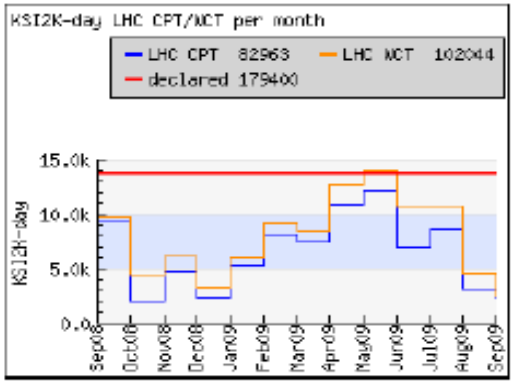
Milano



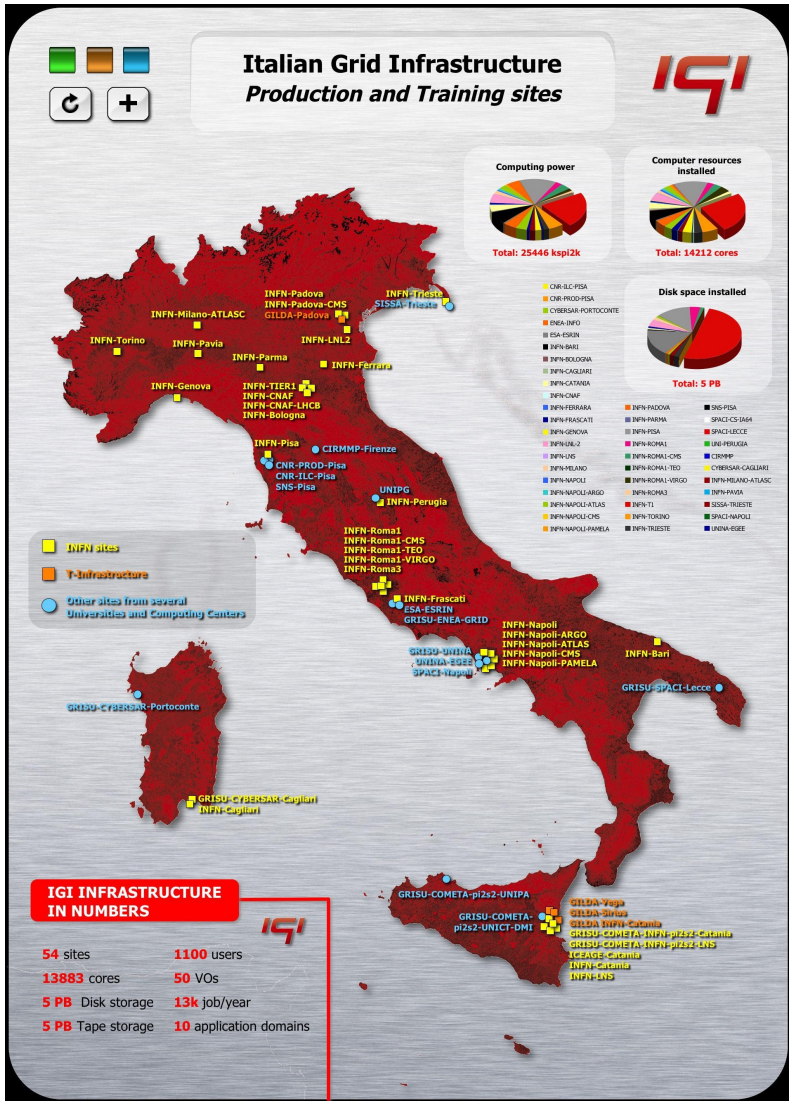
Napoli



Roma



Italian Grid Infrastructure



http://www.italiangrid.org

La GRID in casa

BOINC : http://boinc.berkeley.edu/

Open-source software for volunteer computing and grid computing.

Note: if your computer is equipped with a Graphics Processing Unit (GPU), you may be able to use it to compute faster.

Projects	Windows		Linux		Mac OS X		Solaris	
	95/98/ME	XP/2000/2003/Vista/7	x86	x86-64	PowerPC	x86	SPARC	x86
climateprediction.net	No	Yes	Yes			Yes		
Einstein@home	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	
Leiden Classical	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No
Rosetta@home	Yes	Yes	Yes	Yes	limited	Yes	No	No
SETI@home	98 only	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
SIMAP	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Spinhenge@home	Yes	Yes	Yes	No	No	No	No	No
The Lattice Project	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No
World Community Grid	No	Yes	Yes		Yes	Yes	No	No

Il Valore Aggiunto della Collettività …

Risultati altrimenti impensabili possono essere raggiunti grazie al contributo di tutti …

BOINC Berkeley Open Infrastructure for Network Computing

es:

http://milkyway.cs.rpi.edu/milkyway/

http://einstein.phys.uwm.edu/

… ricerche in campo medico, farmacologico, …

TheoPhys/TheoMPI

TheoMpi resources

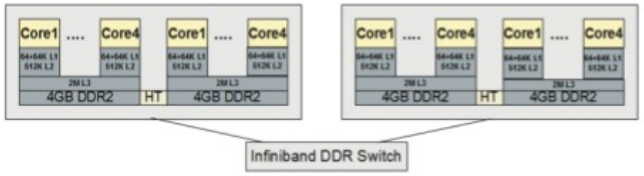
The cluster is installed, configured and maintained by the **INFN-Pisa computing center** *(web site)*

Computing:

128 WNs dual Opteron 8356, 2x4 cores per node, 8GB ram, 1024 cores,10TFlops peak perf.

- SW: Linux x86_64, openMPI

1 CE gridce3.pi.infn.it : Cream-CE, LSF



High Speed Network:

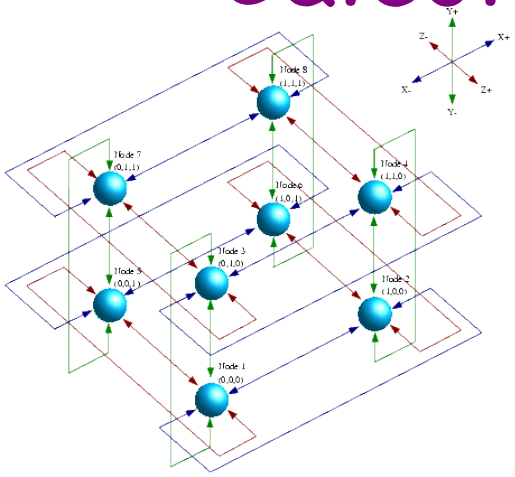
Infiniband DDR

Storage:

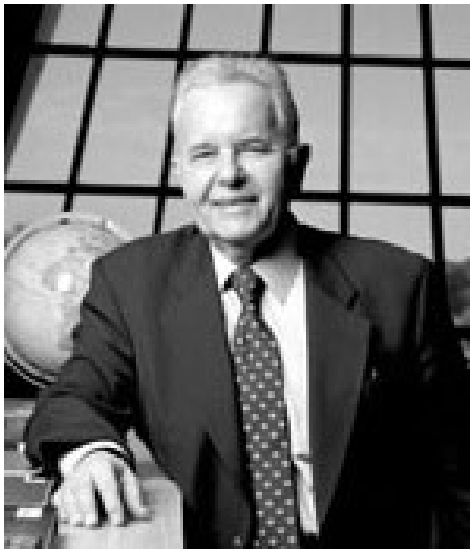
1 SE gridsrm.pi.infn.it : STORM

10 TBytes GPFS over Infiniband

Calcolo Parallelo …



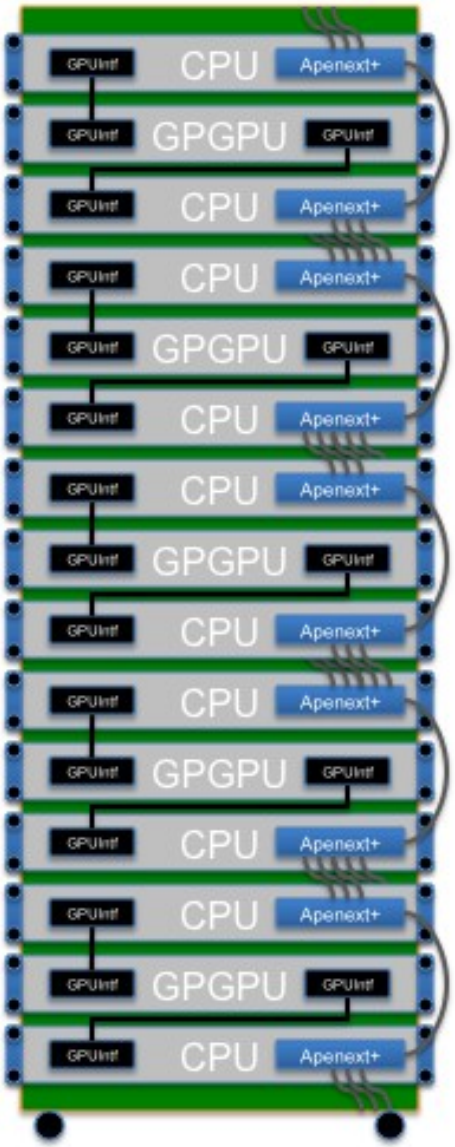
dalla Fisica Teorica
al Super-Computing
ovvero il progetto APE



N. Cabibbo

	APE	APE100	APEmille	APEnext
Year	1984-1988	1989-1993	1994-1999	2000-2005
Number of processors	16	2048	2048	4096
Topology	Flexible 1D	Next Neighbour 3D	Flexible 3D	Flexible 3D
Total Memory	256 MB	8 GB	64 GB	1 TB
Clock	8 MHz	25 MHz	66 MHz	200 Mhz
Peak Processing Power	1 GFlops	100 GFlops	1 TFlops	7 TFlops

QUOnG: GPU-based HPC system



- QUantum chromodynamics ON Gpu

PC clusters + GPU + 3D network
APEnet+ boards

- 42U rack system:
- 60 TFlops/rack peak
- 25 kW/rack (i.e. 0.4 kW/TFlops)
- 300 k€/rack (i.e. 5 k€/TFlops)

High Performance Supercomputing

Home ▸ Statistics ▸ List Statistics

Operating system Family share for 06/2011

In addition to the table below, you can view the visual charts using the TOP500 charts page. A direct link to the charts is also available.

Operating system Family	Count	Share %	Rmax Sum (GF)	Rpeak Sum (GF)	Processor Sum
Linux	456	91.20 %	53513545	78503517	6443648
Windows	6	1.20 %	459520	563535	63140
Unix	22	4.40 %	1718426	2205312	124976
BSD Based	1	0.20 %	122400	131072	1280
Mixed	15	3.00 %	3116134	3776512	1146880
Totals	**500**	**100%**	**58930025.59**	**85179949.00**	**7779924**

Conclusioni

- il mondo gnu/linux/free sw ha un legame doppio con la ricerca in fisica delle particelle elementare

- è una formidabile piattaforma di crescita sia individuale che collettiva

- la condivisione della conoscenza è un valore primario che si riflette anche nelle modifiche delle politiche di accesso alle pubblicazioni scientifiche → "Open Access"

- la condivisione delle risorse permette di ottenere risultati significativi sia dal punto di vista scientifico che da quello sociale