



Centro di Competenza sul Calcolo Scientifico
Evento di Inaugurazione - 7 Ottobre 2016

HPC come piattaforma abilitante: rischi e opportunità

Marco Aldinucci

Informatica@UNITO

NVidia GPU research center @UNITO (direttore)

ICxT HPC & smart data lab (direttore)

Pera di Fassa (Trento) 11 Agosto 1954

Prof. Avanzi
Magnifico Rettore
Università di Pisa

Caro Professore,

in occasione del mio soggiorno alla Scuola di Varenna i professori Conversi e Salvini mi hanno accennato la possibilità che l'Università di Pisa possa disporre di una somma veramente ingente destinata a favorire il progresso e lo sviluppo della ricerca in Italia.

Interrogato circa le varie possibilità di impiego di tale somma, quella di costruire in Pisa una macchina calcolatrice elettronica mi è sembrata, fra le altre, di gran lunga la migliore.

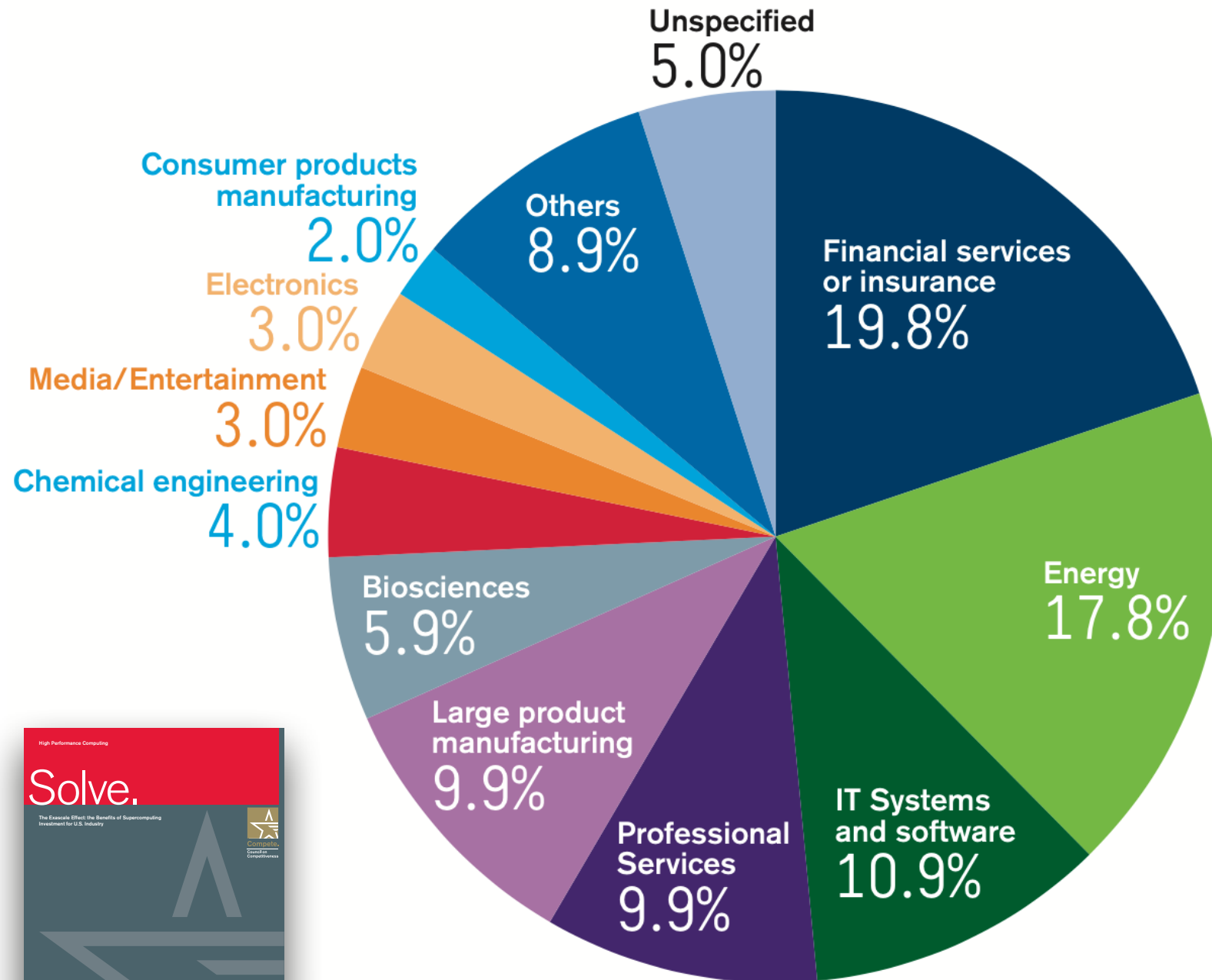
Essa costituirebbe un mezzo di ricerca di cui si avvantaggerebbero in modo, oggi quasi inestimabile, tutte le scienze e tutti gli indirizzi di ricerca.

Mi consta che l'Istituto per le Applicazioni del Calcolo, diretta dal prof. Picone, ha in corso di acquisto una macchina del genere. Non mi sembra però che questa circostanza diminuisca il bisogno che di tale macchina verrà ad avere un centro di studi come l'Università di Pisa. L'esperienza dimostra che la possibilità di eseguire con estrema speditezza e precisione calcoli elaborati crea ben presto una sì grande domanda di tali servizi che una macchina sola viene presto saturata. A questo si aggiungono i vantaggi che ne verrebbero agli studenti e agli studiosi che avrebbero modo di conoscere e di addestrarsi nell'uso di questi nuovi mezzi di calcolo.

Con molti cordiali e distinti saluti.

(Enrico Fermi)

HPC computing market

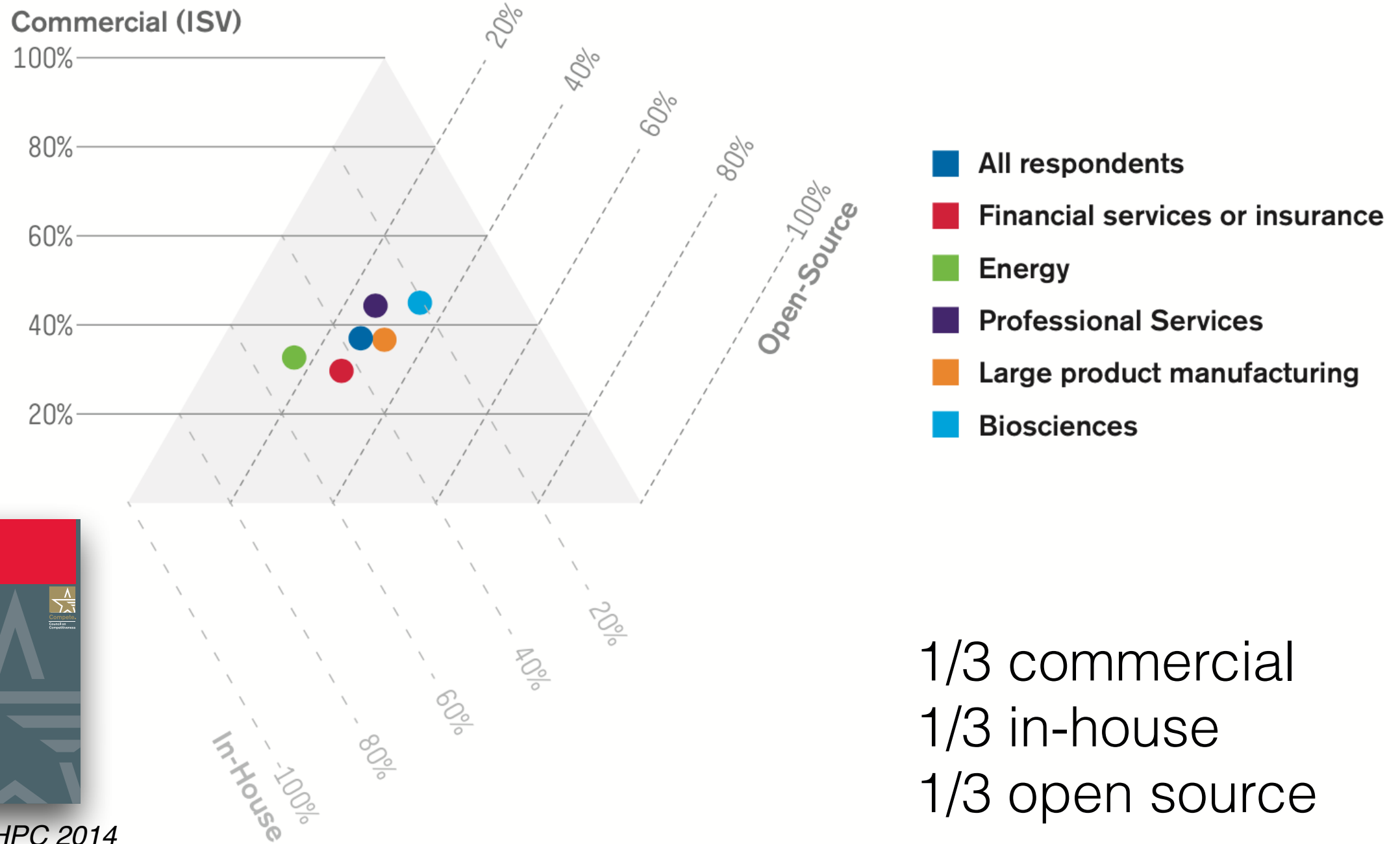


- Energy (green, oil and gas)
- Financial
- Equipment manufacturing
- Consumer product
- Manufacturing
- Automotive
- Aerospace
- Genomics
- Pharmaceutical
- ...



US report on HPC 2014

HPC vertical market share



US report on HPC 2014



US report on HPC 2014

Although there is strong agreement that government investment benefits industry, end users have a difficult time quantifying that benefit. When asked if the benefits could be quantified, some of the comments from the survey include:

Not really, but there ALWAYS has to be a first adopter to fund research. I believe that what the national labs did one to two decades ago has in some way strongly impacted our ability to have the compute platforms we have today.

Can the benefits of ARPAnet and the Internet be quantified?

I don't think so...But MPI, OpenMP, TCP/IP all came from government programs, and we'd be dead in the water without them.

Quantified, no, but it's clearly produced huge leaps in knowhow across the board. Large-scale R&D is in my view NEVER a bad thing.

Difficult to quantify, but I strongly believe that NSF and other funding of national labs or universities with HPC capabilities (TACC, SDSC, etc) has had a positive effect on industries that require cost-effective HPC. The Top500 "race" or "competition" has delivered ripple-down effects of providing cost-effective supercomputing technologies for the masses (e.g., #1 systems are typically very experimental, high-risk and perhaps unaffordable to the average commercial entity, but in a few years' time many of these systems find their way into commodity systems that are affordable and deployable).

In USA, il 100% del finanziamento alla ricerca di base HPC è pubblico

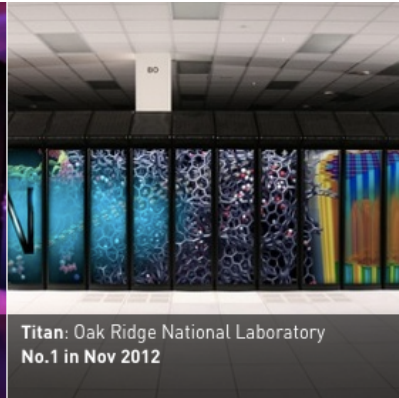
"... MPI, OpenMP, TCP/IP all came from government programs, and we'd be dead in the water without them ..."

TOP500

2014 33.81 PFLOPS 2013 17.60 PFLOPS 2012 16.32 PFLOPS 2011 8.16 PFLOPS 2010 2.57 PFLOPS 2009 1.75 PFLOPS



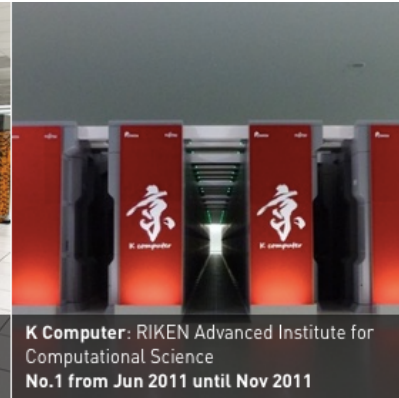
192K x86 cores +
2.7M Phi cores



288K x86 cores +
48M CUDA cores



1.6M PPC
cores



540K SPARC
cores

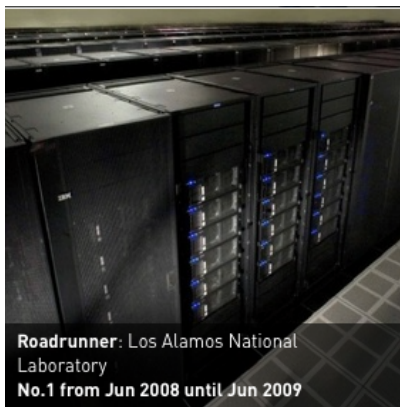


84K x86 cores +
4M CUDA cores



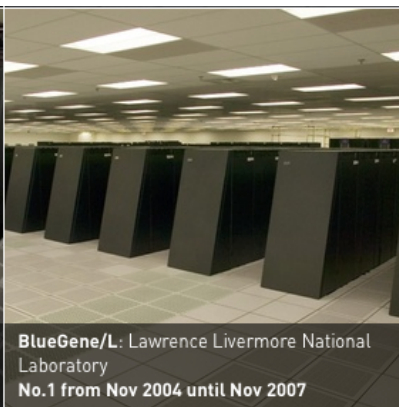
225K x86 cores

2008
1.02 PFLOPS



12K x86 cores +
104K CELL cores

2007
478 TFLOPS

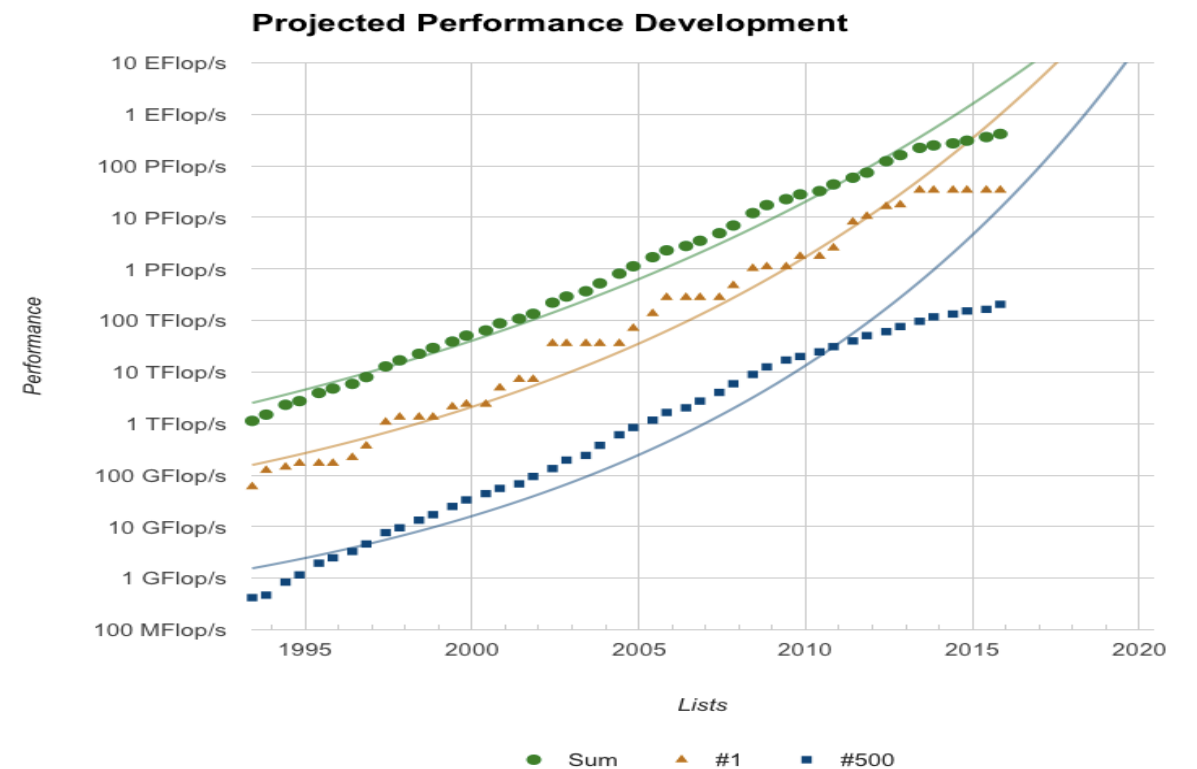


212K PPC cores

2004
36 TFLOPS



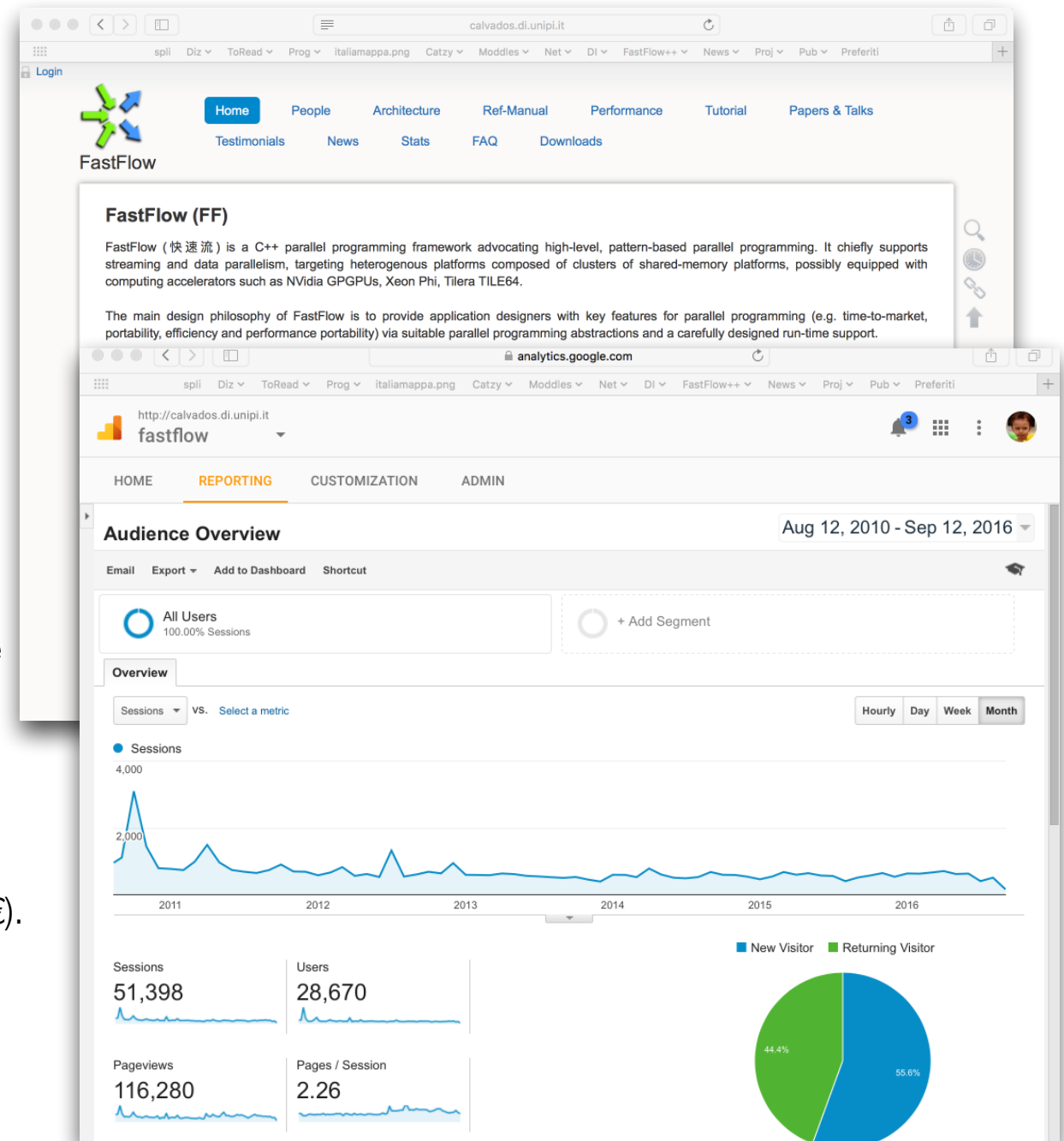
5K X-6 vector
cores



FastFlow

<http://mc-fastflow.sourceforge.net/>

- **Toreador** (EC-RIA, H2020, ICT-16-2015 big data): Trustworthy model-aware Analytics Data platform (2016, 36 months, total cost 4M €).
- **Rephrase** (EC-RIA, H2020, ICT-2014-1): Refactoring Parallel Heterogeneous Resource-Aware Applications – a Software Engineering Approach (2015, 36 months, total cost 3.5M €).
- **REPARA** (EC-STREP, 7th FP): Reengineering and Enabling Performance And power of Applications (2013, 36 months, total cost 3.5M €).
- **NESUS** (EC-COST Action IC1305): Network for Sustainable Ultrascale Computing (2014, 48 months, total cost 500K €).
- **chIPSet** (EC-COST Action IC1406): High-Performance Modelling and Simulation for Big Data Applications (2015, 48 months, total cost 500K €).
- **HiPEAC4** (EC-NoE, 7th FP) European Network of Excellence on High Performance and Embedded and Compilation (2016, 48 months)
- **IBM** Joint Study Agreement: Spark optimisation (est. 2015)
- **Noesis Solutions**: Parallel machine learning techniques for engineering (est. 2015)
- **A3CUBE**: FastFlow/PGAS with in memory fabric (est. 2014)
- **Nvidia Corp**: CUDA Research Center at University of Torino (est. 2013)
- **ICxT@UNITO**: HPC & Smart Lab (est. 2016)



FastFlow
<http://mc-fastflow.sourceforge.net/>

- **Toreador** (EC-RIA, H2020, ICT-16-2015-01) aware Analytics Data platform (2015, 36 months, total cost 1.5M)
- **Rephrase** (EC-RIA, H2020, ICT-2015-01) Heterogeneous Resource-Aware Approach (2015, 36 months, total cost 1.5M)
- **REPARA** (EC-STREP, 7th FP): Reengineering And power of Applications (2013, 36 months, total cost 1.5M)
- **NESUS** (EC-COST Action IC1305): Next Generation Computing (2014, 48 months, total cost 1.5M)
- **chIPSet** (EC-COST Action IC1406): Simulation for Big Data Applications (2014, 48 months, total cost 1.5M)
- **HiPEAC4** (EC-NoE, 7th FP) European Performance and Embedded and Distributed Computing (2013, 36 months, total cost 1.5M)
- **IBM** Joint Study Agreement: Spark on Hadoop (2014, 12 months, total cost 1.5M)
- **Noesis Solutions**: Parallel machine learning (est. 2015)
- **A3CUBE**: FastFlow/PGAS with in memory analytics (2014, 12 months, total cost 1.5M)
- **Nvidia Corp**: CUDA Research Center (2014, 12 months, total cost 1.5M)
- **ICxT@UNITO**: HPC & Smart Lab (est. 2015)

UNIVERSITÀ DI TORINO / Le soluzioni del Dipartimento di Informatica

Per analisi veloci e accurate

FastFlow, il software open source che calcola dati immensi

L'industria informatica si è spostata verso l'utilizzo di piattaforme multicore e Gpu con migliaia di processori. Per utilizzare al meglio queste piattaforme, però, l'ottimizzazione degli algoritmi sequenziali non è più sufficiente.

Per questo è nata l'esigenza di scrivere software adatti a sfruttare i calcolatori multicore. Non più un'istruzione dietro l'altra, ma molte istruzioni eseguite contemporaneamente che possano sfruttare le unità di calcolo a disposizione.

L'obiettivo è stato raggiunto grazie a un progetto italiano, realizzato dalle Università di Torino e Pisa che hanno messo a punto FastFlow, un software open source per lavorare su applicazioni complesse come l'analisi del Dna o le simulazioni che prevedono l'esame veloce di una mole immensa di dati.

“FastFlow - spiega Marco Aldinucci docente dell'Università di Torino che con Massimo Torquati di Pisa ha lavorato al progetto - è un software che semplifica lo sviluppo di applicazioni complesse ed efficienti per il calcolo parallelo”.

La validità del software è stata riconosciuta dall'Ue che l'ha

finanziato in tre progetti ParaPhrase, Repara e RePhrase per oltre dieci milioni di euro in totale.

Utilizzato in altri progetti finanziati da Intesa-SanPaolo e Miur, FastFlow conta oltre 10.000 download e casi di utilizzo come Fix8, società Usa che sviluppa protocolli per transazioni finanziarie che ha abbandonato una soluzione Intel per il prodotto italiano.

Oltre a ZeroDivision, società romana, anche nVidia (società Usa che ha il 60% del market share mondiale delle Gpu) utilizza il software e ha finanziato

l'apertura di un Research center presso l'università di Torino.

C'è poi A3Cube, una società italiana Californiana con la quale gli ideatori del software collaborano per aprire un polo di sviluppo in Italia. “Con loro - aggiunge Aldinucci - vorremmo lavorare per unire FastFlow con il loro hardware e costruire storage ultraveloci per il mercato BigData: All'interno del nostro dipartimento ci sono le competenze tecniche, di management e innovazione”.

Per ulteriori informazioni consultare il sito Internet: <http://mc-fastflow.sourceforge.net/>.



Il gruppo di lavoro di FastFlow. Al centro, Marco Aldinucci

8/12/2014



SPEEDUP WITH INFINITE MANY PROCESSORS = $9/7 \approx 1.3$

Science for Dummies
P=NP
↕
N=1

Big Data

Volume,
Velocity

Performance

Parallel Progr.
Models

Parallel
Platforms

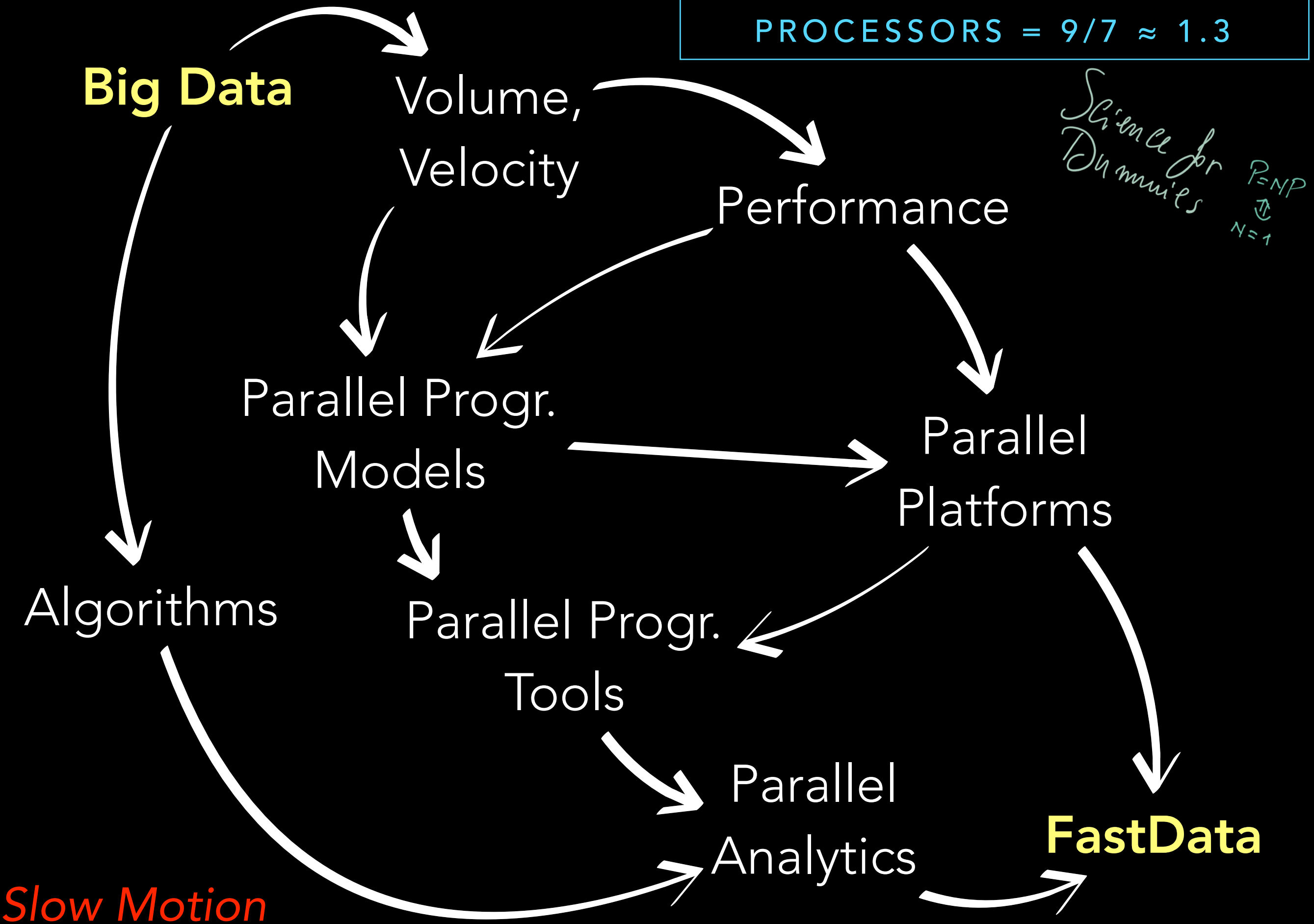
Algorithms

Parallel Progr.
Tools

Parallel
Analytics

FastData

Slow Motion



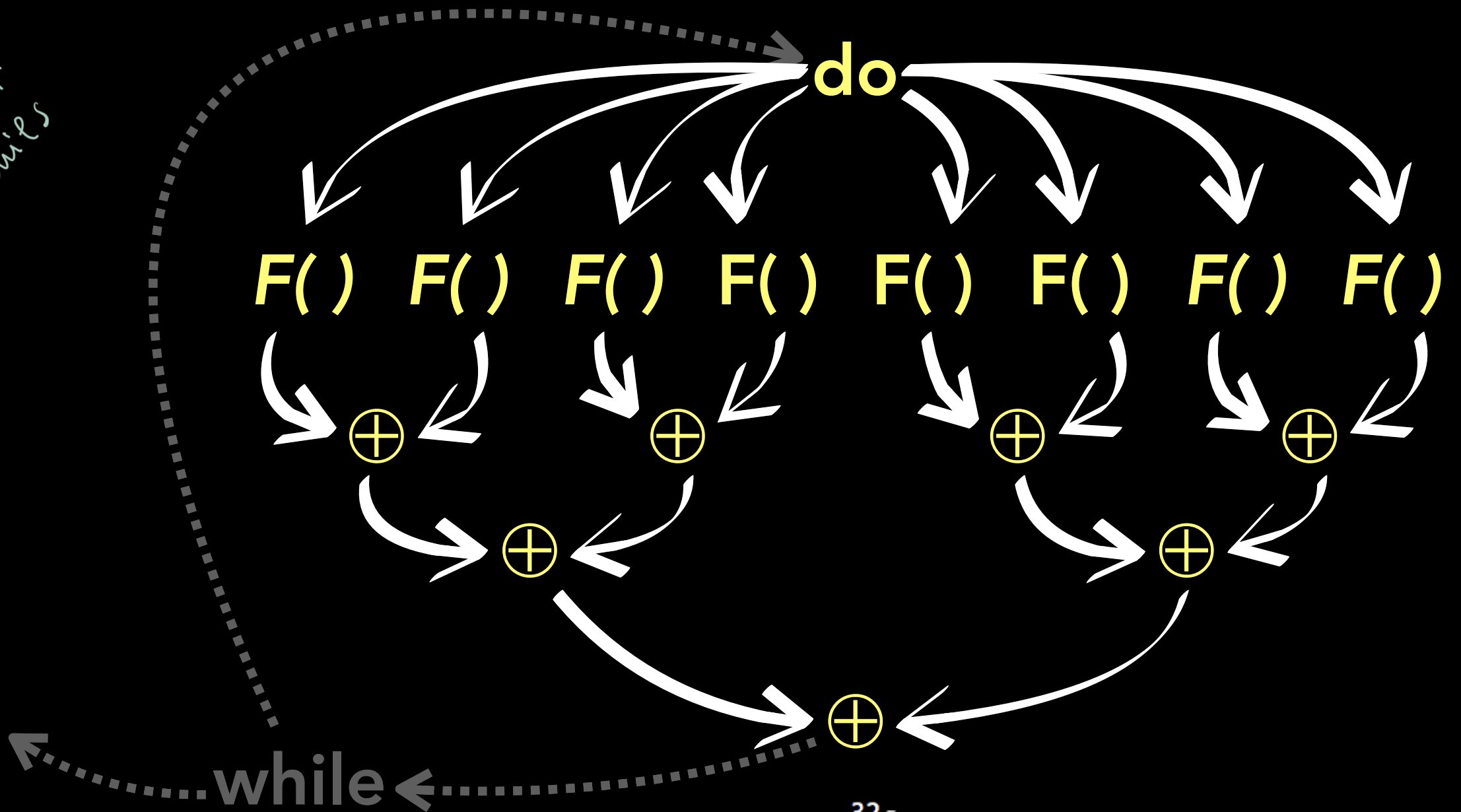
“The durable Message Passing Interface (MPI) standard, with send/receive, broadcast and reduction operators is still used to construct parallel programs composed of tens to hundreds of thousands of communicating processes.

Each communication is orchestrated by the **developer-based on precise knowledge of code and overhead**; collective communications simplify the orchestration but induce excessive synchrony; each single process may become a single point of failure.

This programming model is already ineffective for moderate-scale applications, let alone for those in the extreme scale”

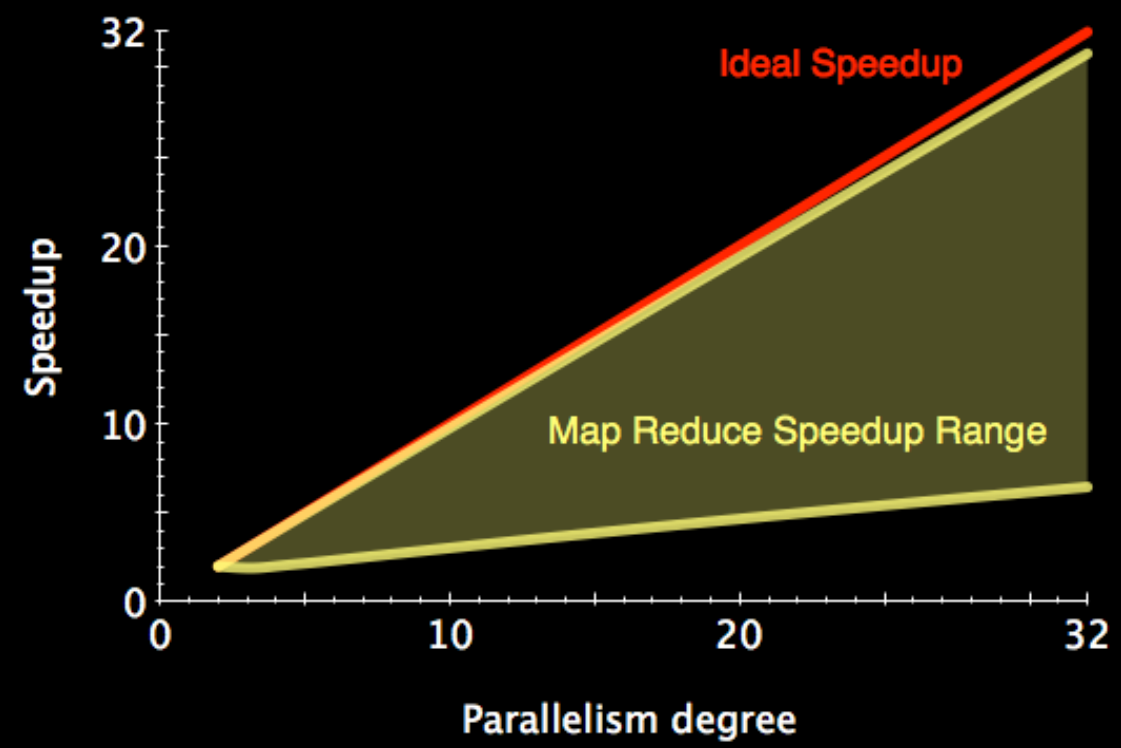
–Marco

Science for Dummies



SPEEDUP WITH N PROCESSORS

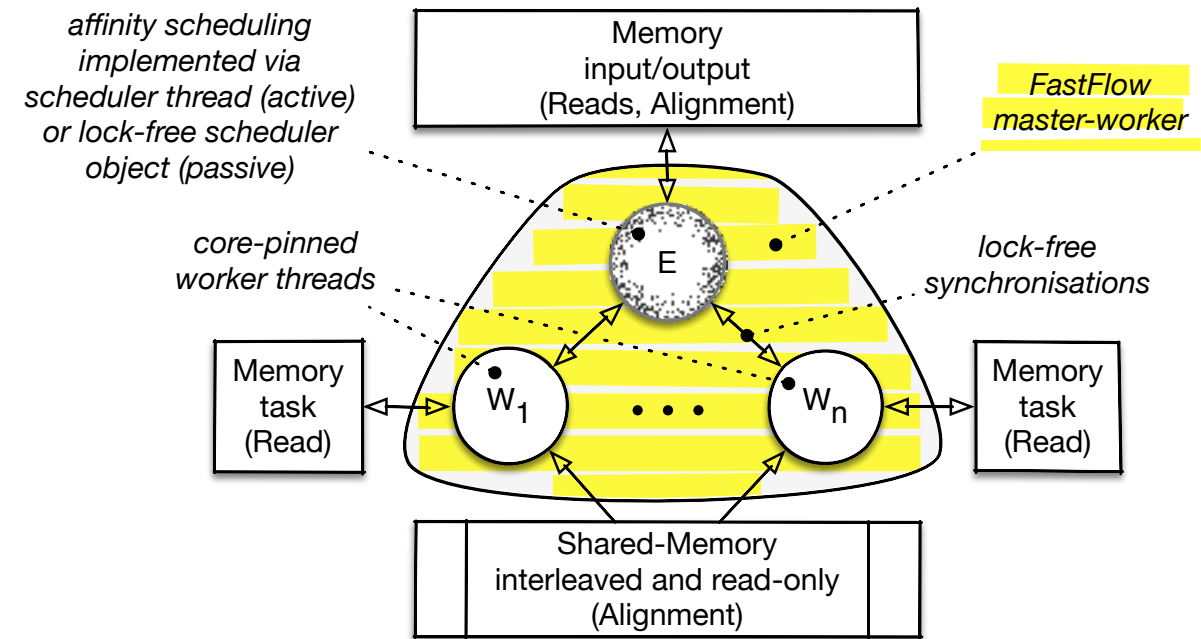
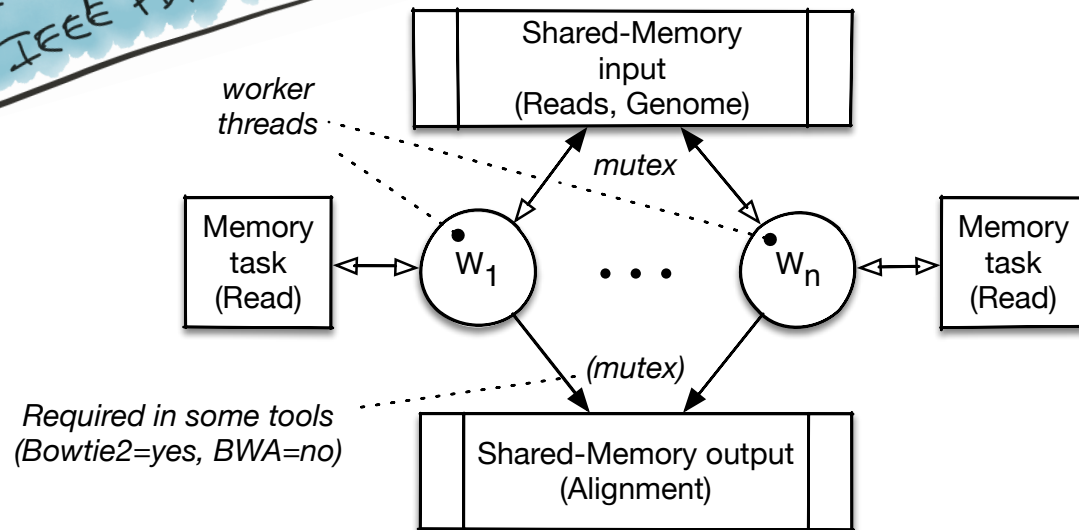
$$S = (NT_F + T_{\oplus}) / (\text{LOG}_2(N) + T_F)$$



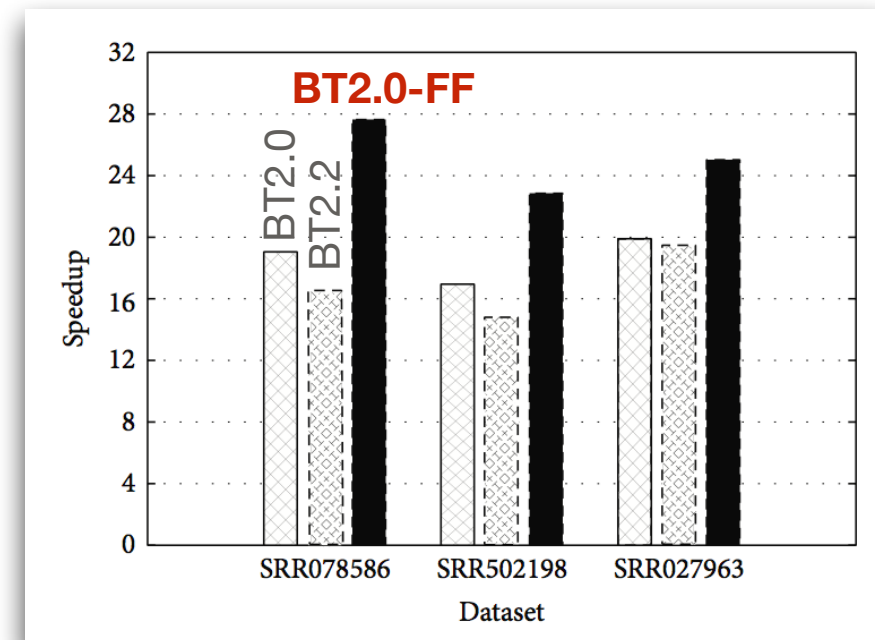
Example: Bowtie (BT) and BWA

EU FP7 Paraphrase project

Best paper award
IEEE PDP 2014

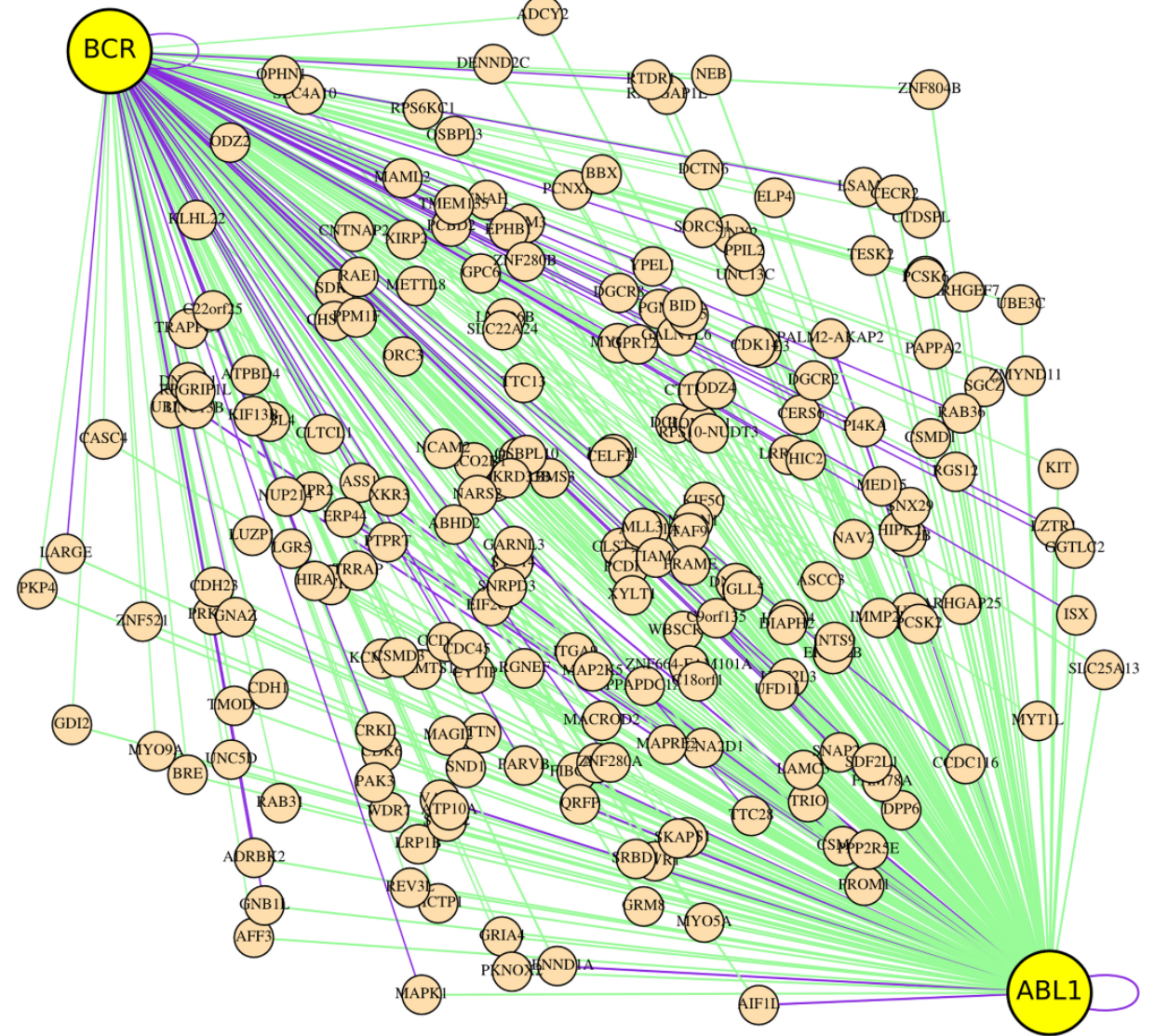
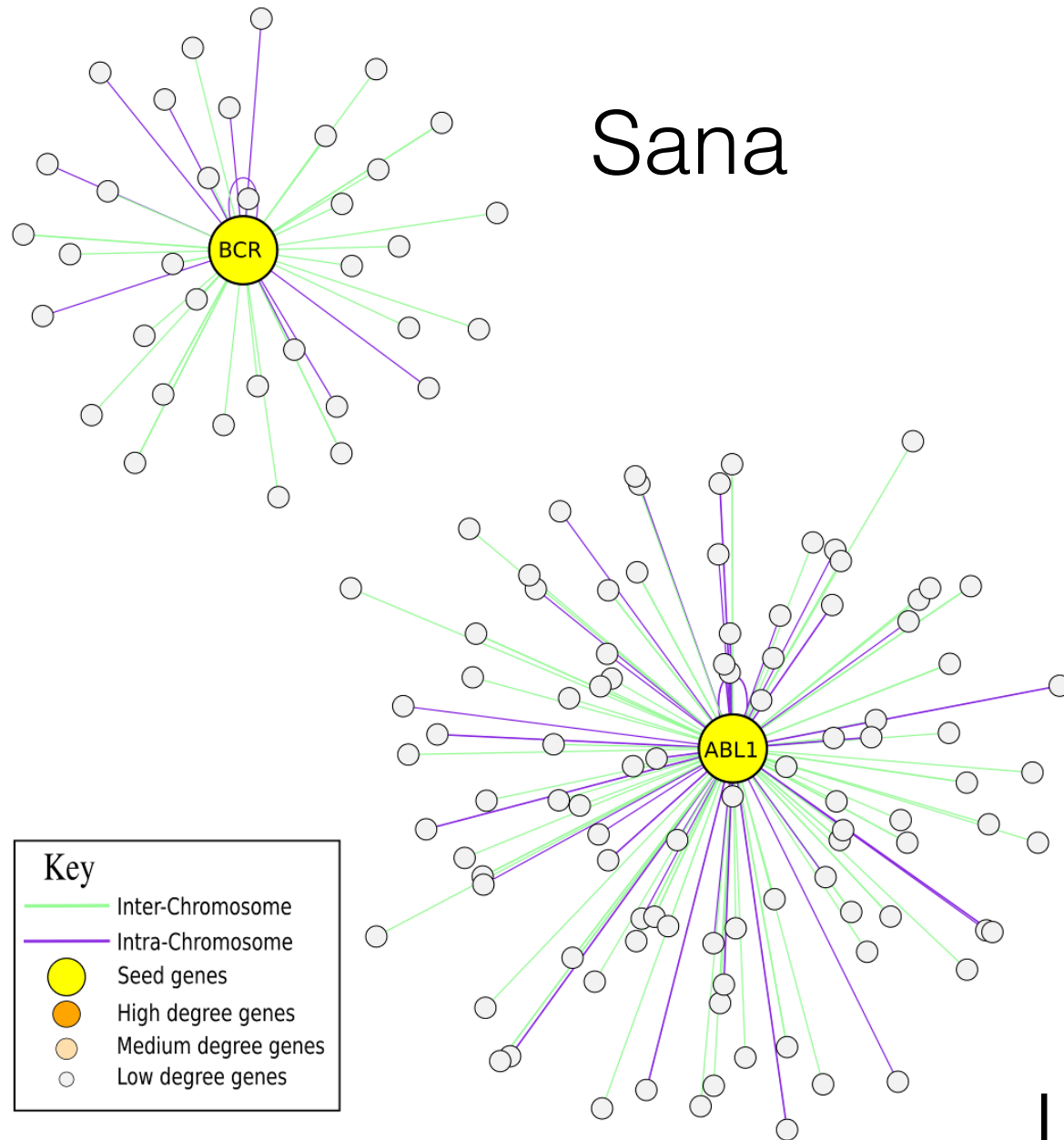


- Top tools for parallel DNA alignment
- Hand-tuned C/C++/SSE2 code
- Fast spin-locks + Pthreads
- Memory bound
- FastFlow master-worker
- Memory affinity, pinning, affinity scheduling (embedded in the pattern)
- BT: up to 200% speedup over original
BWA: up to 10% speedup over original



Example: Hi-C data (CCC)

👉 EU FP7 REPARA project



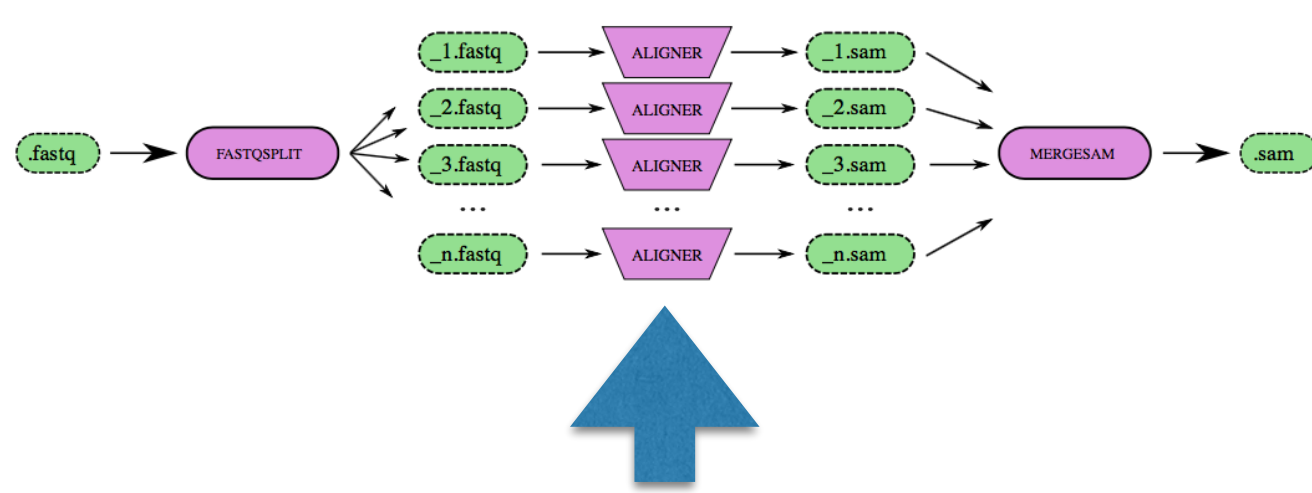
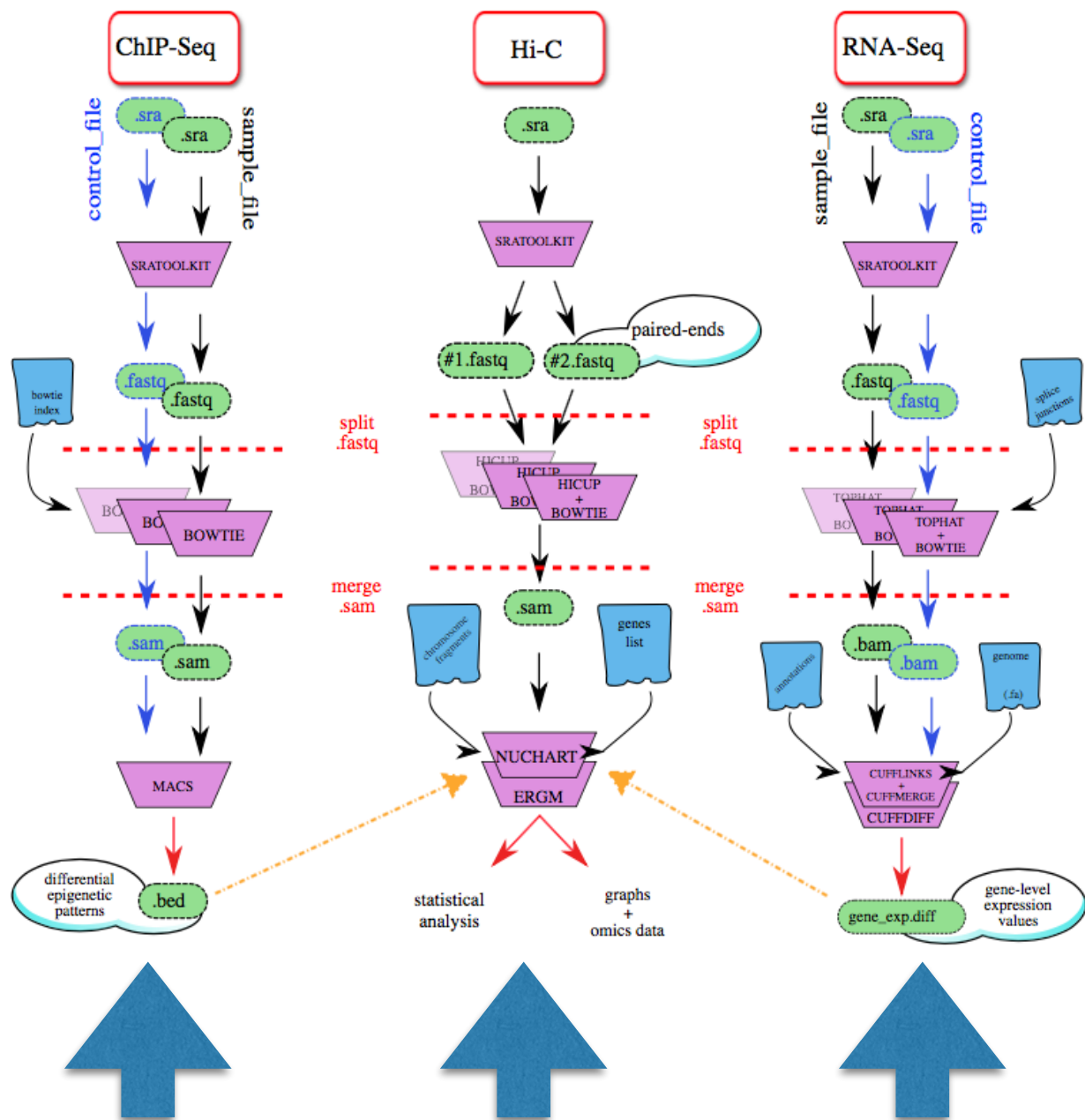
Leucemia

Bert paper award
IEEE ScalCom 2016

Example: Hi-C data (CCC)

EU FP7 REPARA project

F. Tordini, M. Drocco, C. Misale, P. LiÒ, L. Milanese, I. Merelli, and M. Aldinucci, "NuChart-II: the road to a fast and scalable tool for Hi-C data analysis," *International Journal of High Performance Computing Applications (IJHPCA)*, 2016.



Diverse fonti di parallelismo,
inter e intra pipeline

Pipeline agnostico

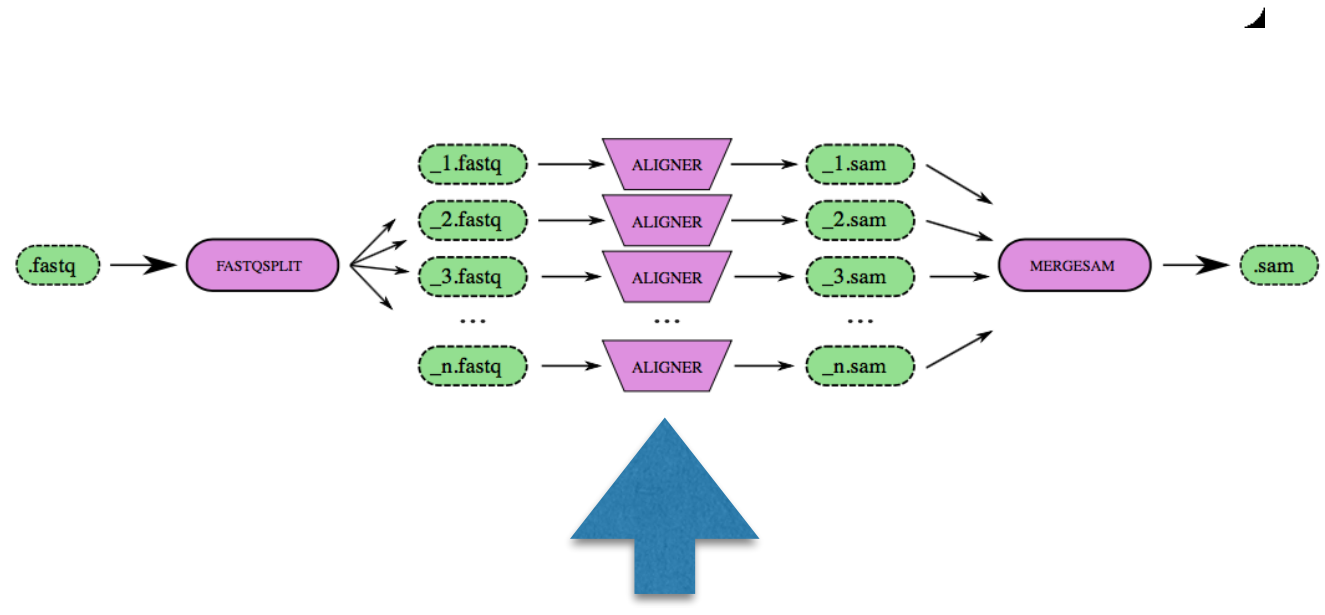
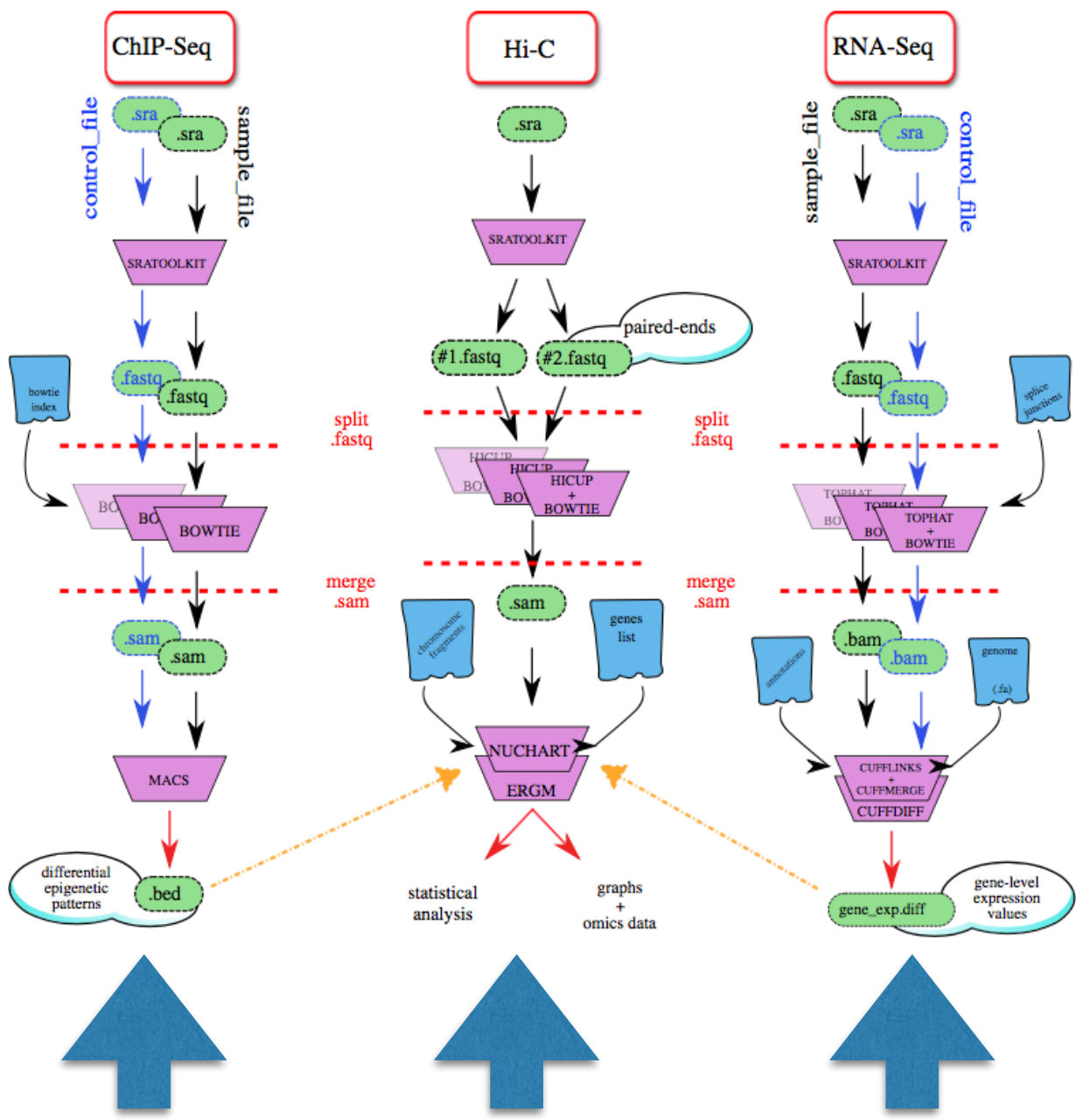
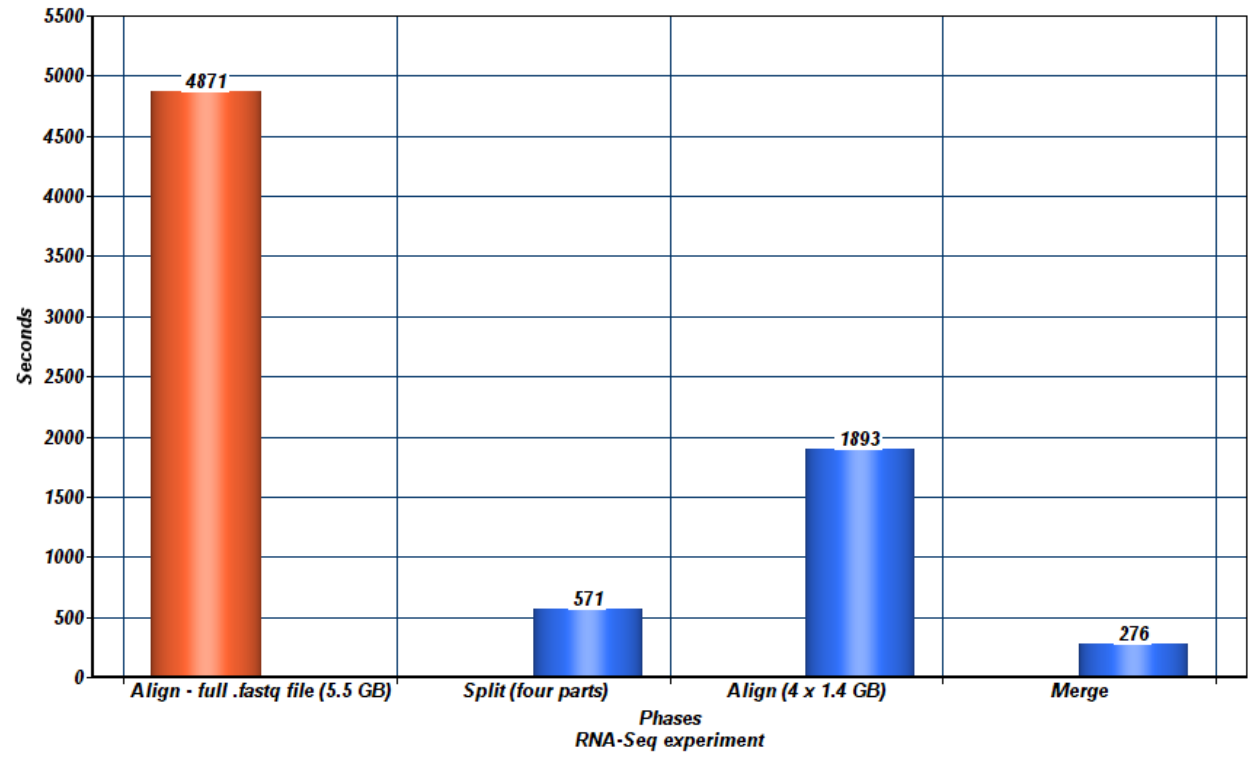
Multicore, HPC o Cloud

Bert paper award
IEEE ScalCom 2016

Example

EU FF

F. Tordini, M. Drocco, C. Misale, P. LiÒ, L. Milanese, I. Merelli, and M. Aldinucci, "NuChart-II: the road to a fast and scalable tool for Hi-C data analysis," *International Journal of High Performance Computing Applications (IJHPCA)*, 2016.



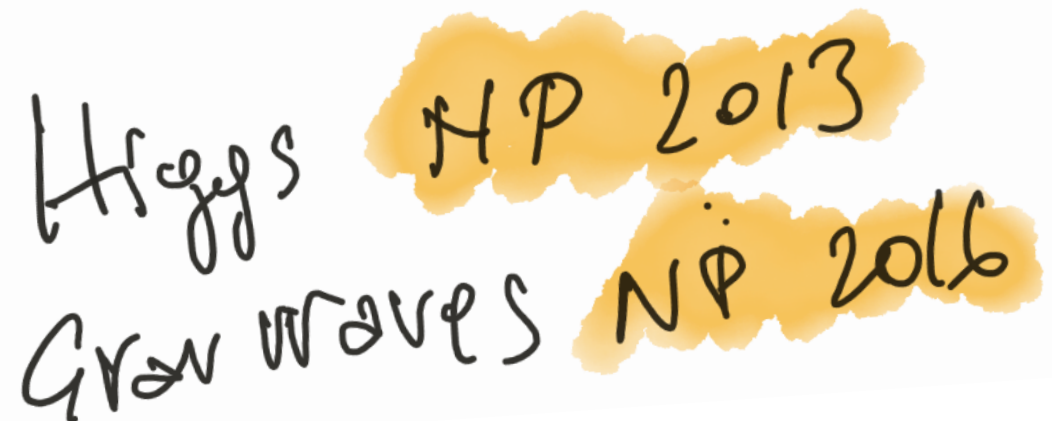
Diverse fonti di parallelismo,
inter e intra pipeline

Pipeline agnostico

Multicore, HPC o Cloud

Collaborazioni... da Nobel

- IMPACT: Innovative Methods for Particle Colliders at the Terascale
 - ~250K €, funded by Compagnia di San Paolo, 2012, 36 months
 - Topics: Extreme Computation Tools, Search for the Higgs Boson and for New Physics at the LHC, Parallel and Distributed Computing
 - Amapane, Passarino, Aldinucci, Botta
- PLUTO+FastFlow (astrofisica)
 - Gennaio 2016 ERC



Higgs NP 2013
Grav waves NP 2016

La nuovissima iniziativa del MIUR (ancora segreta)



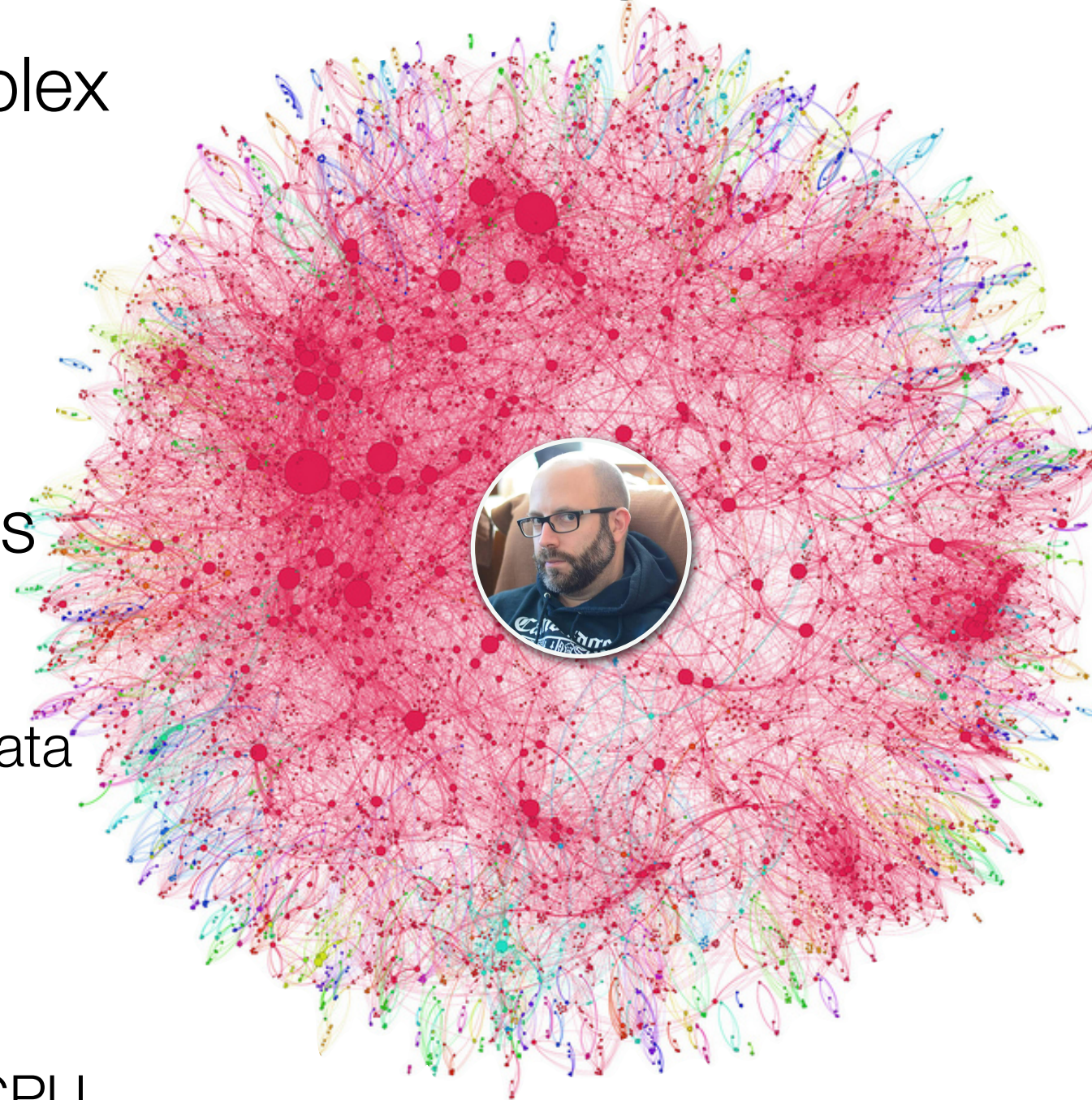
M. Aldinucci, S. Bagnasco, S. Lusso, P. Pasteris, and S. Rabellino, “The Open Computing Cluster for Advanced data Manipulation (OCCAM),” in the 22nd Intl Conference on Computing in High Energy and Nuclear Physics (CHEP), San Francisco, USA, 2016.

Realtà Aumentata



Models, metrics and algorithms for privacy-aware data analytics

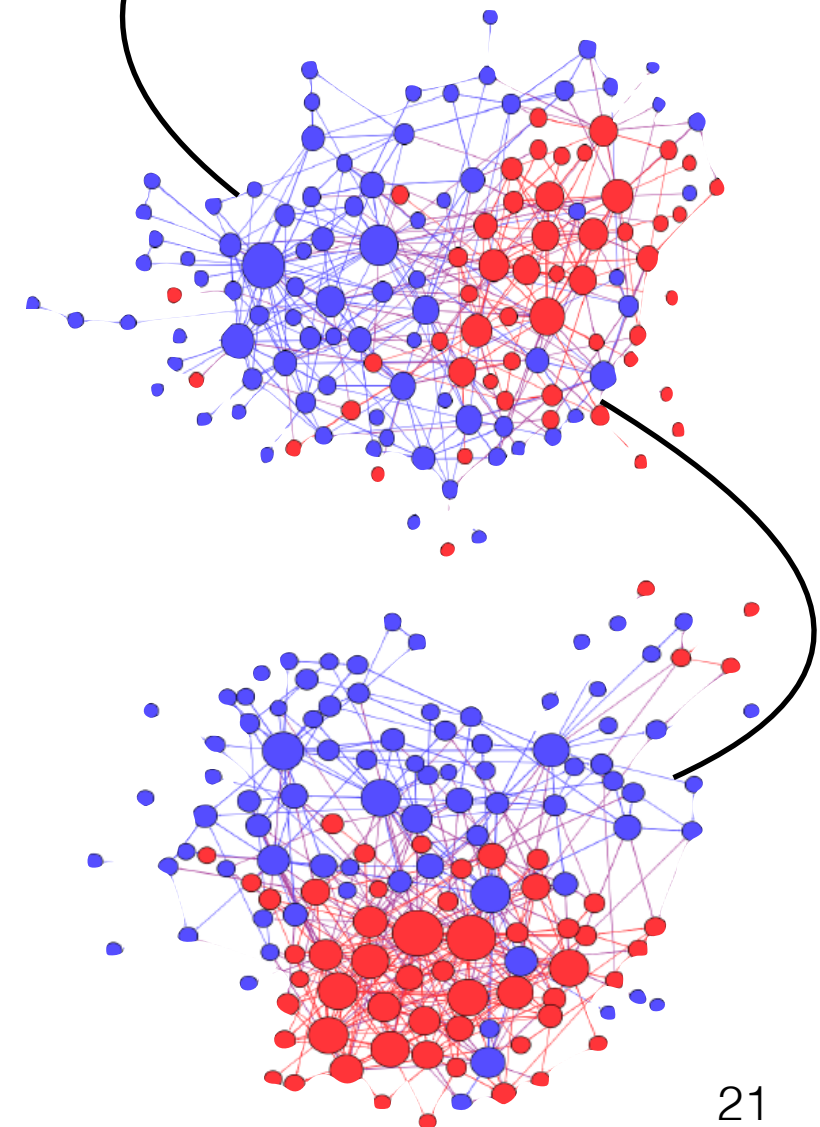
- Massive simulations of complex processes
 - Information spreading
 - Social network analysis
- Big data processing/analytics
 - Decomposition of huge tensors
 - Learning from huge multimodal data
- Needs
 - RAM/storage
 - High-Performance GPGPU and CPU capabilities



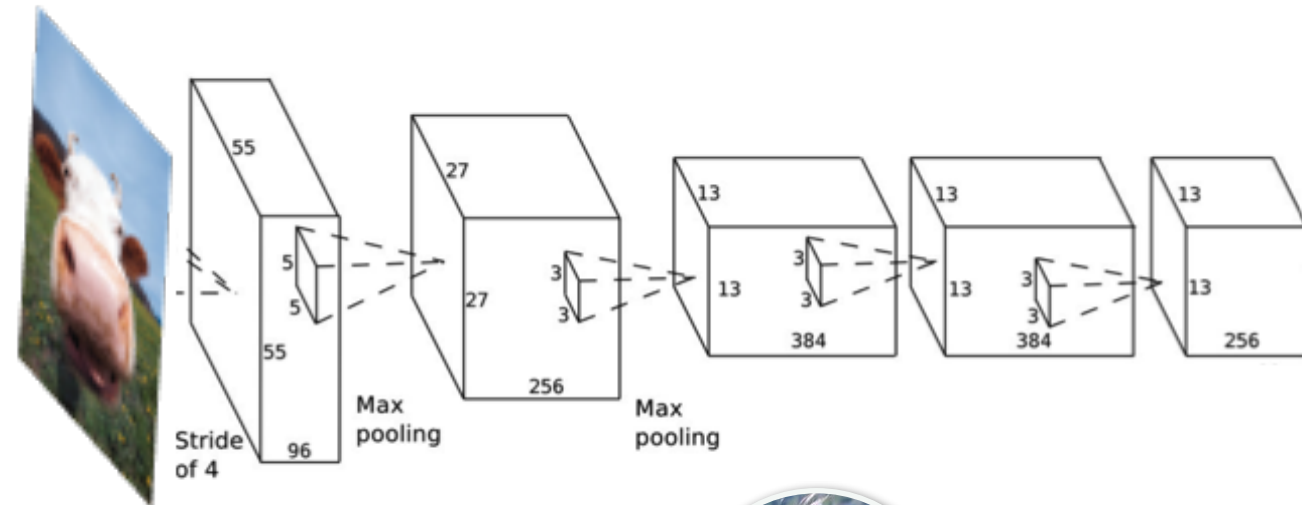
Ruggero G. Pensa

- Problema: capire l'emergenza di macro-fenomeni complessi a partire da elementi individuali che interagiscono tra di loro
 - reti tecno-sociali, biologiche, sistemi complessi, etc.
- Tipologia di dati: in linea teorica, "qualsiasi" dato che possa essere rappresentato per mezzo di una rete/grafico
- Metodologie
 - Simulazioni & SNA (Social Network Analysis)
 - Costruzione e validazione modelli data-driven & ad agenti
 - Visualizzazione di reti di grandi dimensioni
- Risultati:
 - Analisi di dati provenienti da social media (omofilia vs influenza)
 - Progettazione ed implementazione di strumenti di collaborative filtering decentralizzati che usano metriche di affinità locali in reti di similarità
 - Modellazione di processi dei fenomeni di disinformazione on-line
 - Mappe intelligenti per il well-being

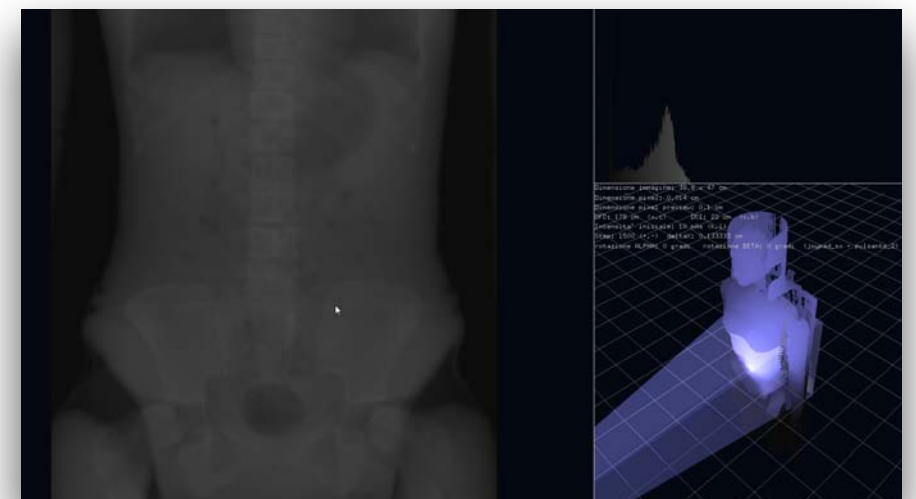
Giancarlo Ruffo



- Exploit massively parallel computing on CPU and GPU for image, video, graphics data
- Medical image processing
- Computer vision with deep learning
- Rendering
- Virtual simulation and prototyping



Marco Grangetto



FirstLife: gestione di grandi moli di informazioni geografiche



Guido Boella



- FirstLife è un social network geo-referenziato. Raccoglie, elabora e fornisce servizi su grandi quantità di dati geografici. In particolare:
 - Identificazione dei quartieri analizzando la geomorfologia e le informazioni sul costruito (dati del Comune)
 - Sperimentazione su misure di qualità di dati dinamici in graph db
 - Tile server vettoriale sui dati delle cartografie ufficiali del Comune di Torino
 - Servizio di geocoding per Torino
 - Sperimentazione su modelli di rappresentazione delle periodicità temporali

Analisi semantica di testi legali

Luigi Di Caro



- Crawling e comprensione di leggi attraverso tecniche di linguistica computazionale
- Riconoscimento di legami tra leggi ed etichettatura automatica
- Riconoscimento tra direttive europee e implementazioni nazionali
- Dati:
 - Diversi milioni di leggi in diverse lingue (ad oggi: uk, bg, de, fr, it, au) contenenti riferimenti espliciti ed impliciti
 - Talvolta taggati con annotazioni semantiche sulle quali applicare tecniche di Machine Learning

24th Intl. Euro-Par 2018

27-31 Agosto 2016, Torino

- Top venue in parallel computing (core “A” conference)
 - 45 papers
 - 10 tracks
 - ~300 attendees
- Co-located events
 - 15 workshops
 - 6 tutorial
 - industrial exhibition



The poster features the University of Turin logo and a stylized 'Y' symbol. It includes the text: 'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO', 'BID FOR EURO-PAR 2018 TURIN, ITALY', '23 AUGUST 2016, GRENOBLE, FRANCE', and 'MARCO ALDINUCCI, LUCA PADOVANI'. On the right, there is an image of the Olivetti Programma 101 computer and a caption: 'The Olivetti Programma 101 "Perottina", is the first commercial programmable "desktop computer". It was launched at the 1964 New York World's Fair by Italian manufacturer Olivetti, based in Ivrea, province of Turin. https://en.wikipedia.org/wiki/Programma_101'