

**Сотрудничество России и
Евросоюза в области электронной
инфраструктуры.
Проект EGI-InSpire**

Кореньков В.В.

Директор ЛИТ ОИЯИ (Дубна)

12.12.14

Наука с интенсивной обработкой данных – новая парадигма

Известный специалист Microsoft в области хранения информации Джим Грэй предсказал, в 2005 г., что вступление научных исследований в эпоху пета- и экза-данных должно неизбежно потребовать развития новой **науки с интенсивной обработкой** и назвал это изменение **«четвертой парадигмой науки»**, в дополнение к трем предыдущим научным парадигмам — экспериментальной, теоретической и вычислительной

На торжестве по поводу получения Нобелевской премии за открытие бозона Хиггса директор ЦЕРНа Рольф Хойер прямо назвал грид-технологии одним из трех столпов успеха (наряду с ускорителем LHC и физическими установками).

Без организации грид-инфраструктуры на LHC было бы невозможно обрабатывать и хранить колоссальный объем данных, поступающих с коллайдера, а значит, - и совершать научные открытия.

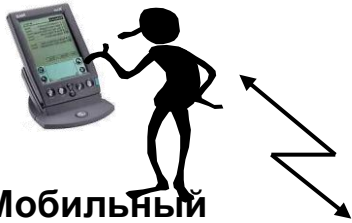
Сегодня уже ни один крупный проект не осуществим без использования распределенной инфраструктуры для обработки данных.

ЦЕРН входит в эру Больших Данных и является одним из примеров (наряду с созданием в ЦЕРНе WWW-всемирной паутины), когда разработки в области физики частиц начинают влиять на исследования в других научных областях.

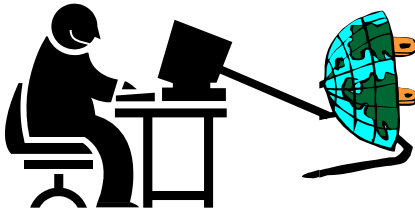
(LIT, JINR)



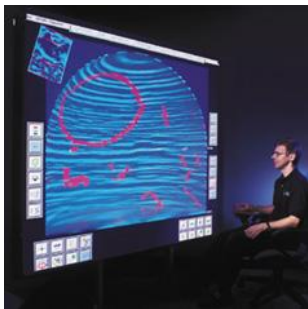
Грид - это средство для совместного использования вычислительных мощностей и хранилищ данных посредством интернета



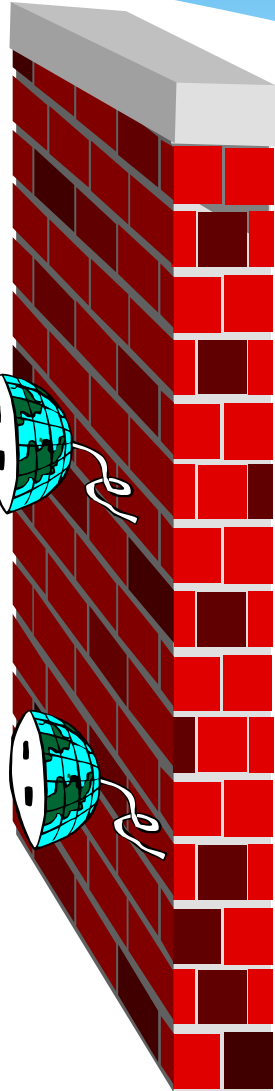
Мобильный доступ



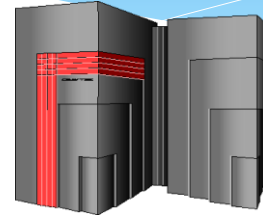
Рабочие станции



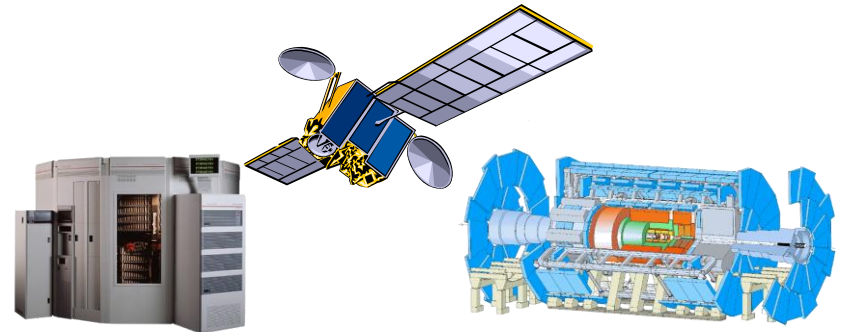
Визуализация



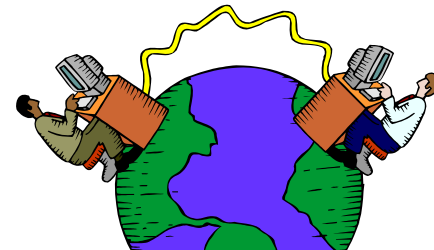
П
Р
О
М
Е
Ж
У
Т
О
Ч
Н
О
Е
П
Р
О
Г
Р
А
М
М
Н
О
Е



Суперкомпьютеры, ПК- кластеры



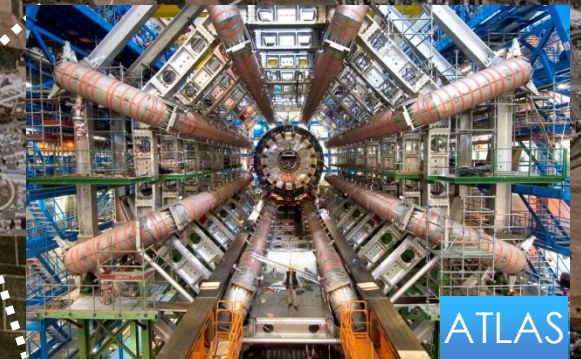
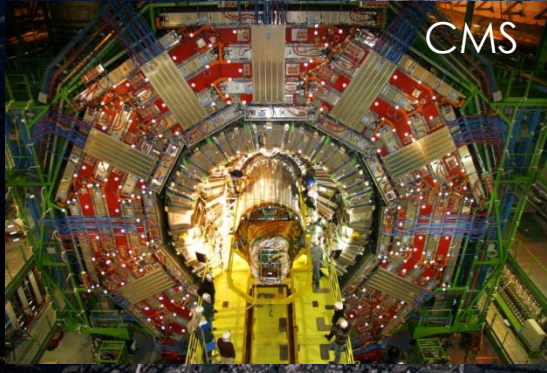
Массовая память, сенсоры, эксперименты

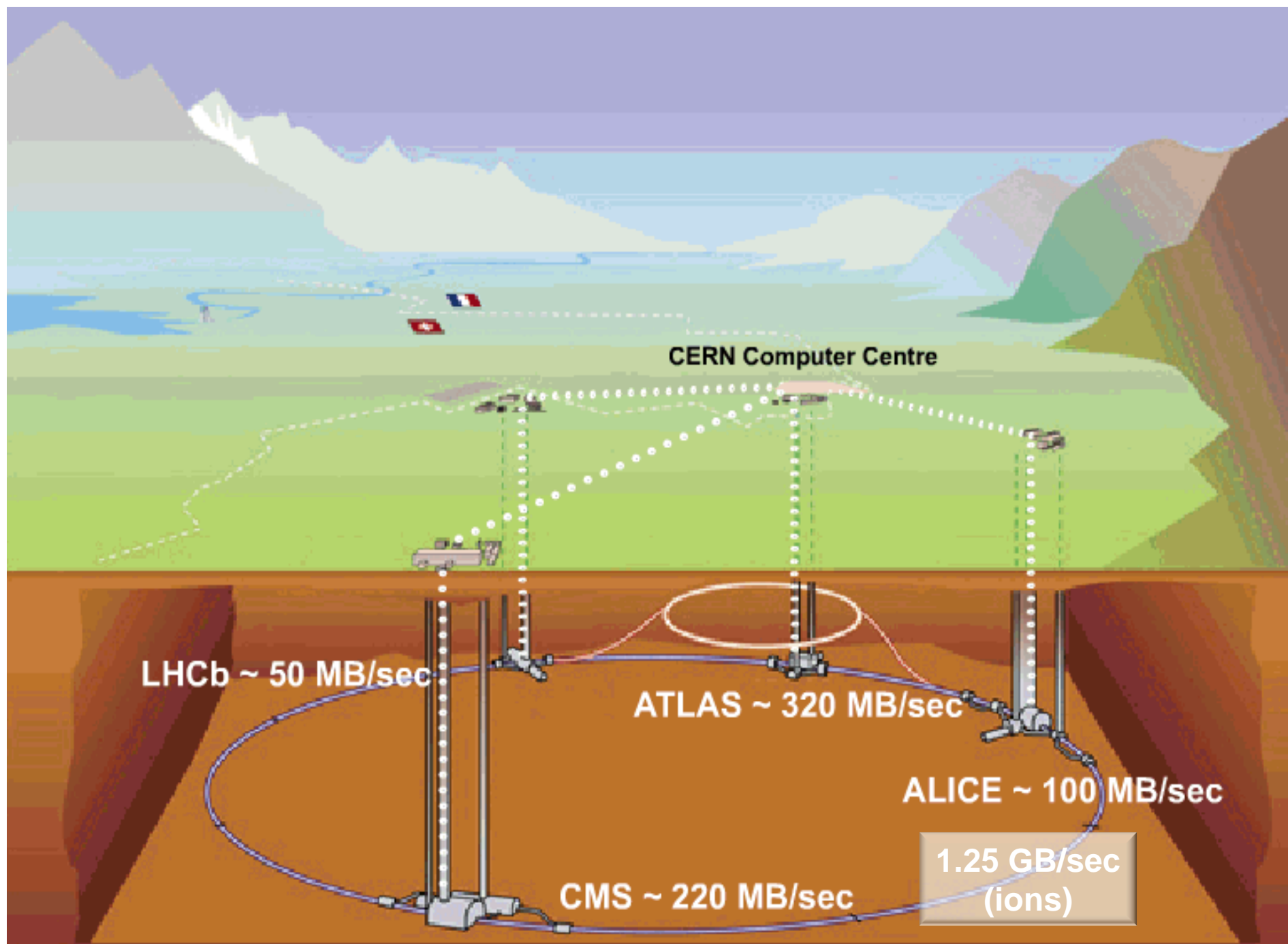


Интернет, сети

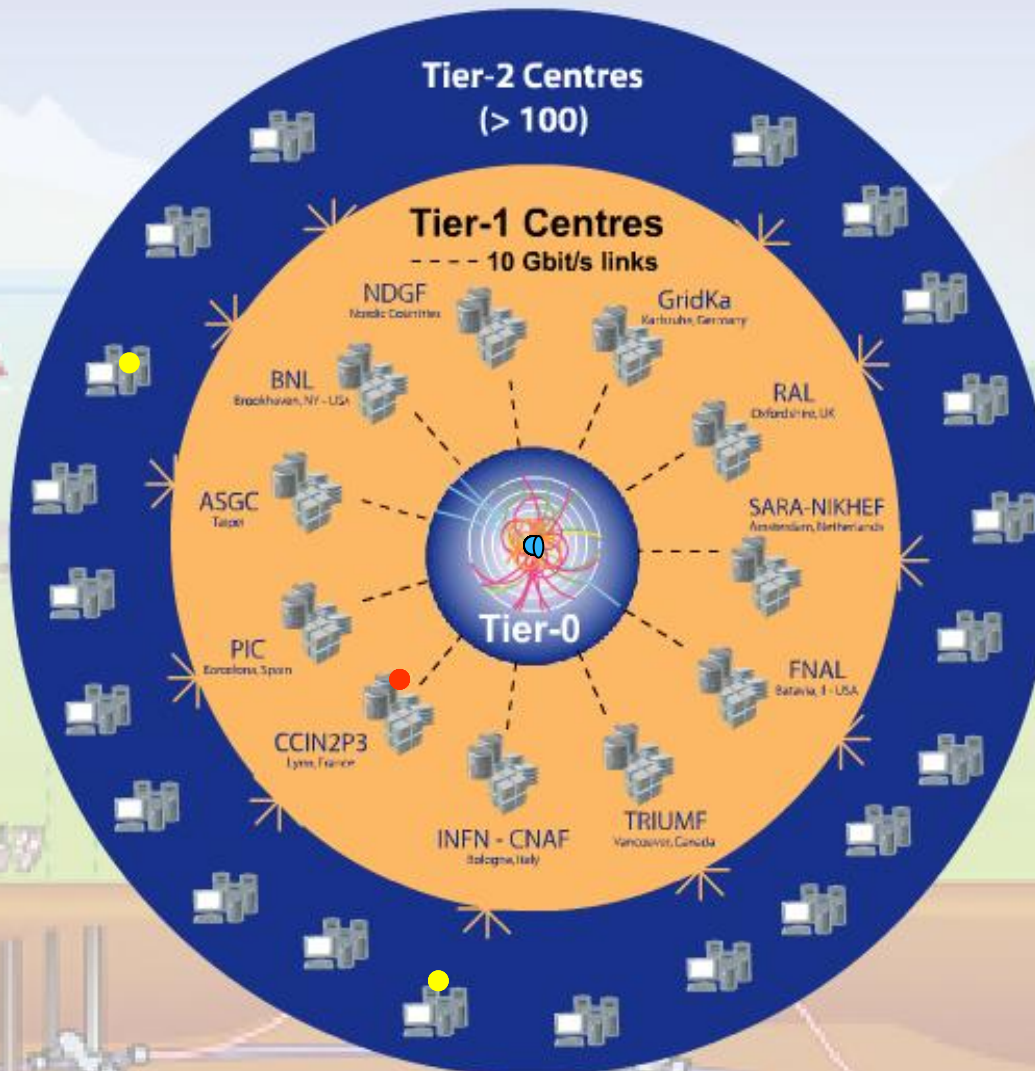
Large Hadron Collider

Start-up of the Large Hadron Collider (LHC), one of the largest and truly global scientific projects ever, is the most exciting turning point in particle physics.





Модель компьютеринга на LHC



Tier-0 (CERN):

- Прием данных
- Начальная реконструкция данных
- Распределение данных

Tier-1 (11 centres):

- Постоянное хранение данных
- Реконструкция и обработка
- Анализ

Tier-2 (>200 centres):

- Моделирование
- Физический анализ

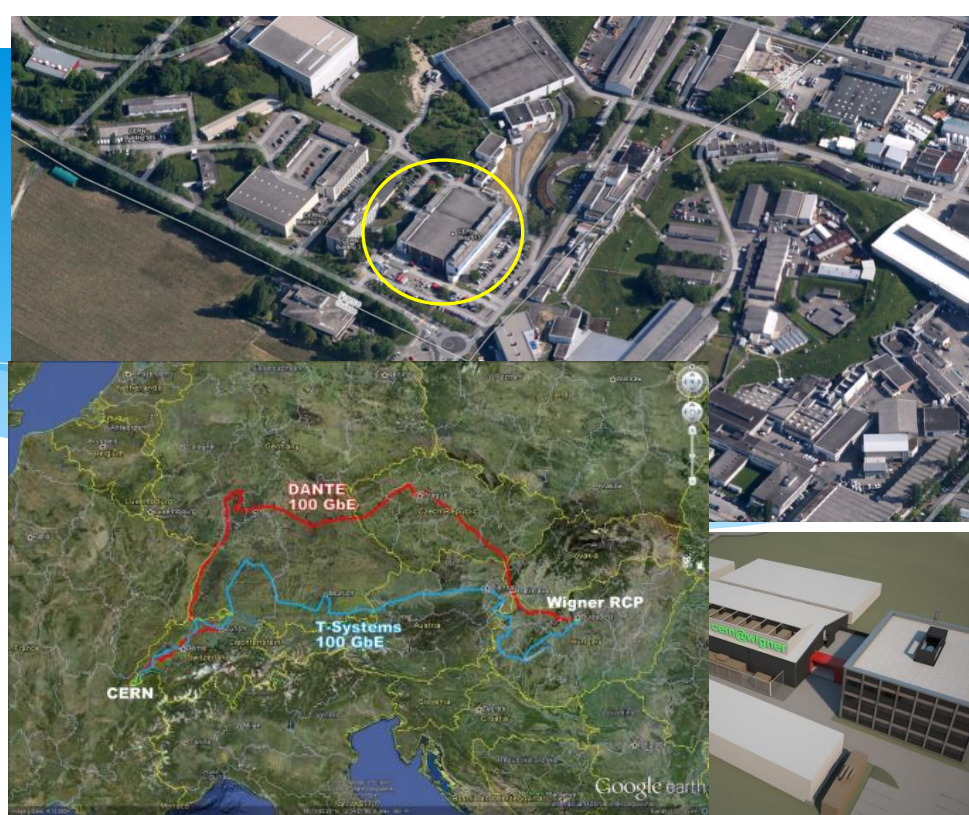
CERN Computer Centre

CERN Computer Centre:

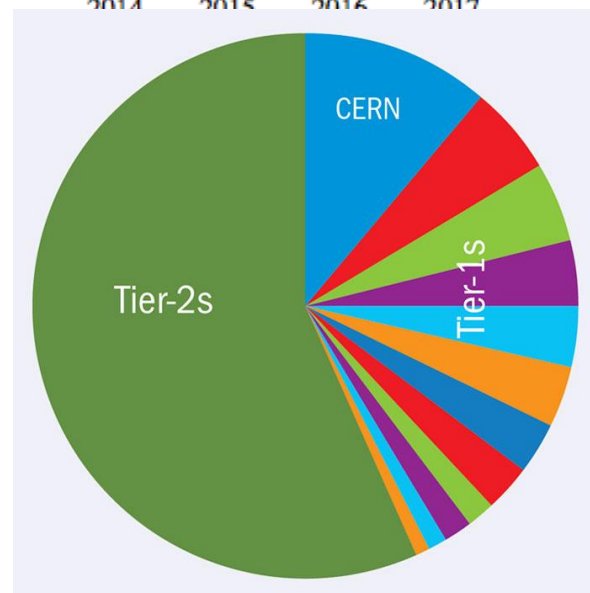
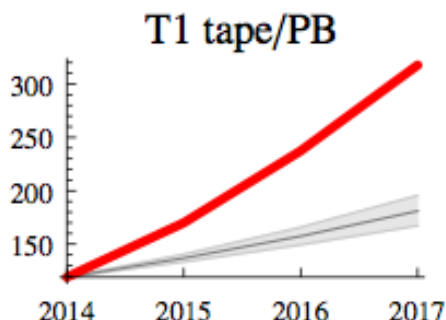
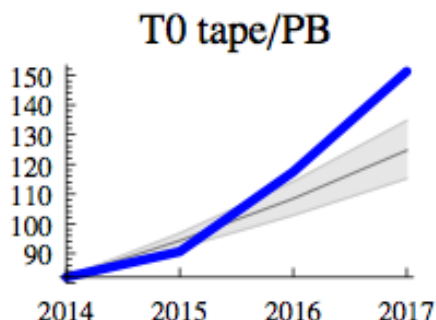
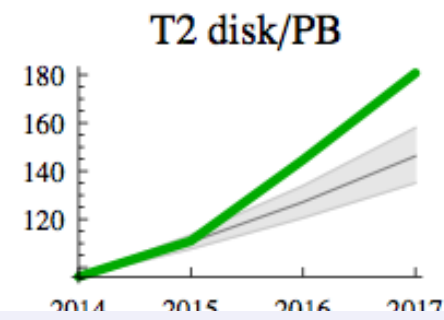
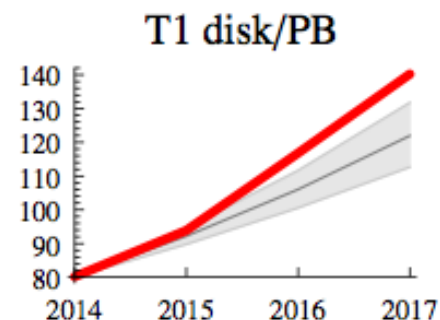
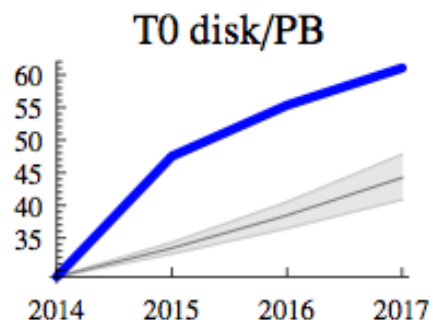
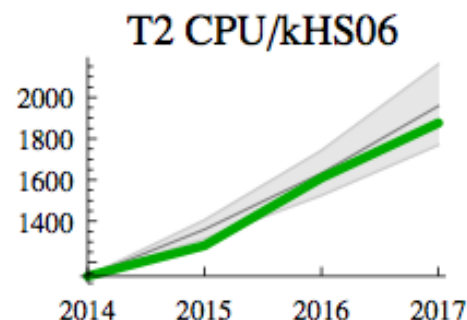
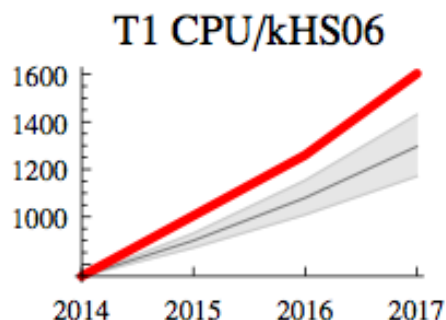
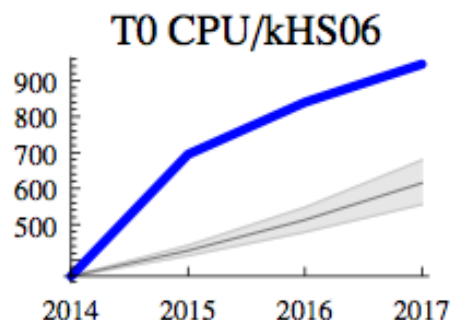
- Built in the 70s on the CERN site (Geneva)
- ~3000 m² (3 main machine rooms)
- 3.5 MW for equipment

New extension:

- Located at Wigner (Budapest)
- ~1000 m²
- 2.7 MW for equipment
- Connected to the Geneva CC with 2x100Gb links



Combined (sum of experiments)



Starting from 2014 pledges

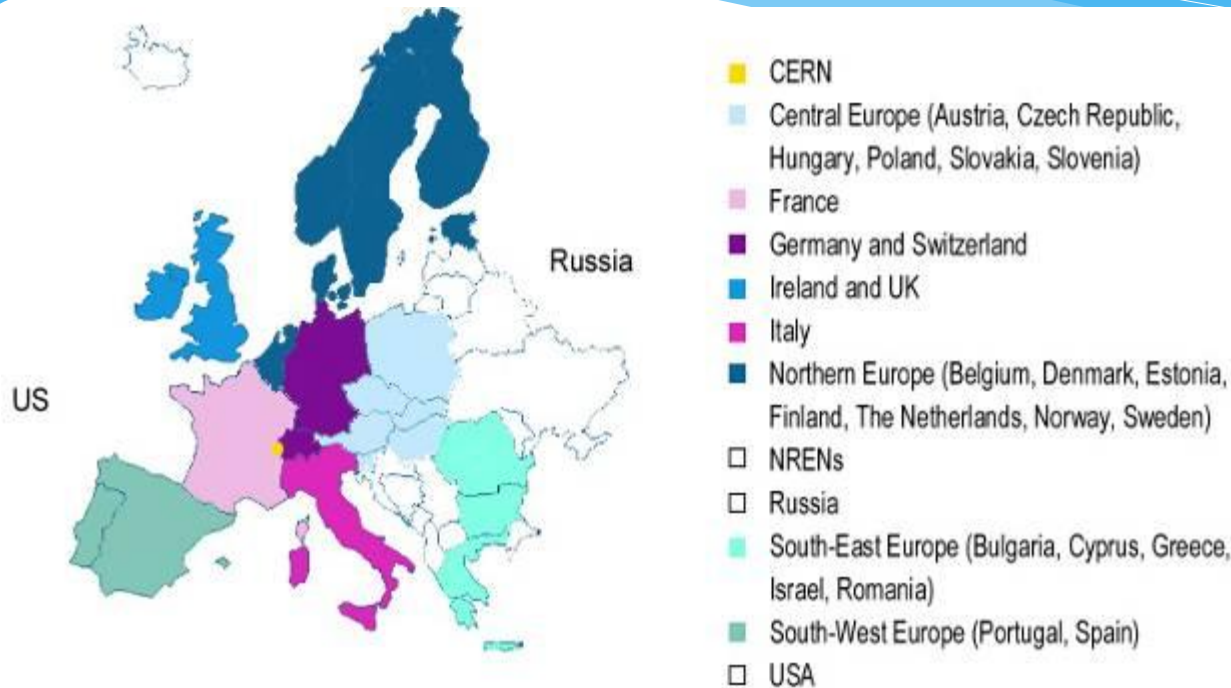


WLCG
Worldwide LHC Computing Grid



- * GRID as a brand-new understanding of possibilities of computers and computer networks foresees a global integration of information and computer resources.
- * At the initiative of CERN, a project **EU-dataGrid** started up in January 2001 with the purpose of testing and developing advanced grid-technologies. JINR was involved with this project.
- * The **LCG (LHC Computing Grid)** project was a continuation of the project **EU-dataGrid**. The main task of the new project was to build a global infrastructure of regional centres for processing, storing and analysis of data of physical experiments on the Large Hadron Collider (LHC).
- * 2003 – Russian Consortium **RDIG – Russian Data Intensive Grid** – was established to provide a full-scale participation of JINR and Russia in the implementation of the LCG/EGEE project.
- * 2004 – The **EGEE (Enabling Grid for E-Science)** projects was started up. CERN is its head organization, and JINR is one of its executors.
- * 2010 – The **EGI-InSPIRE** project (Integrated Sustainable Pan-European Infrastructure for Researchers in Europe)

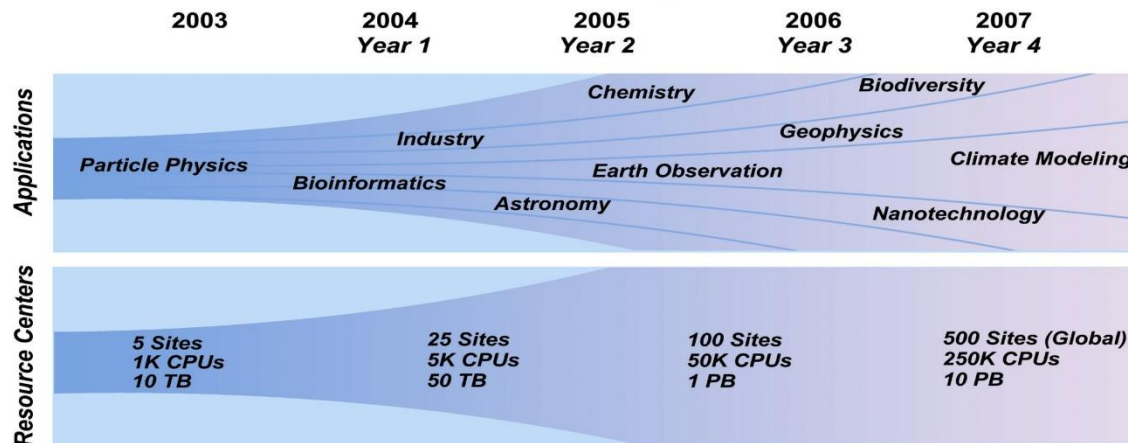
EGEE (Enabling Grids for E-science)



The aim of the project is to create a global Pan-European computing infrastructure of a Grid type.

- Integrate regional Grid efforts
- Represent leading grid activities in Europe

**10 Federations,
27 Countries,
70 Organizations**



Status Jan 2011 (yearly increase)

- 13800 users: +38%
- 288000 LCPUs (cores): +18.5%
- 117PB disk: +192.5%
- 91.5PB tape: +50 %
- 28 million jobs/month: +86.7%
- 340 sites: +7.25%
- 56 countries: +7.7%
- 217 VOs: +24%
- 30 active VOs: constant

Scheduled = 21539

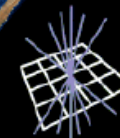
Running = 25374

- Archeology
- Astronomy
- Astrophysics
- Civil Protection
- Comp. Chemistry
- Earth Sciences
- Finance
- Fusion
- Geophysics
- High Energy Physics
- Life Sciences
- Multimedia
- Material Sciences

...

21:13:50 UTC

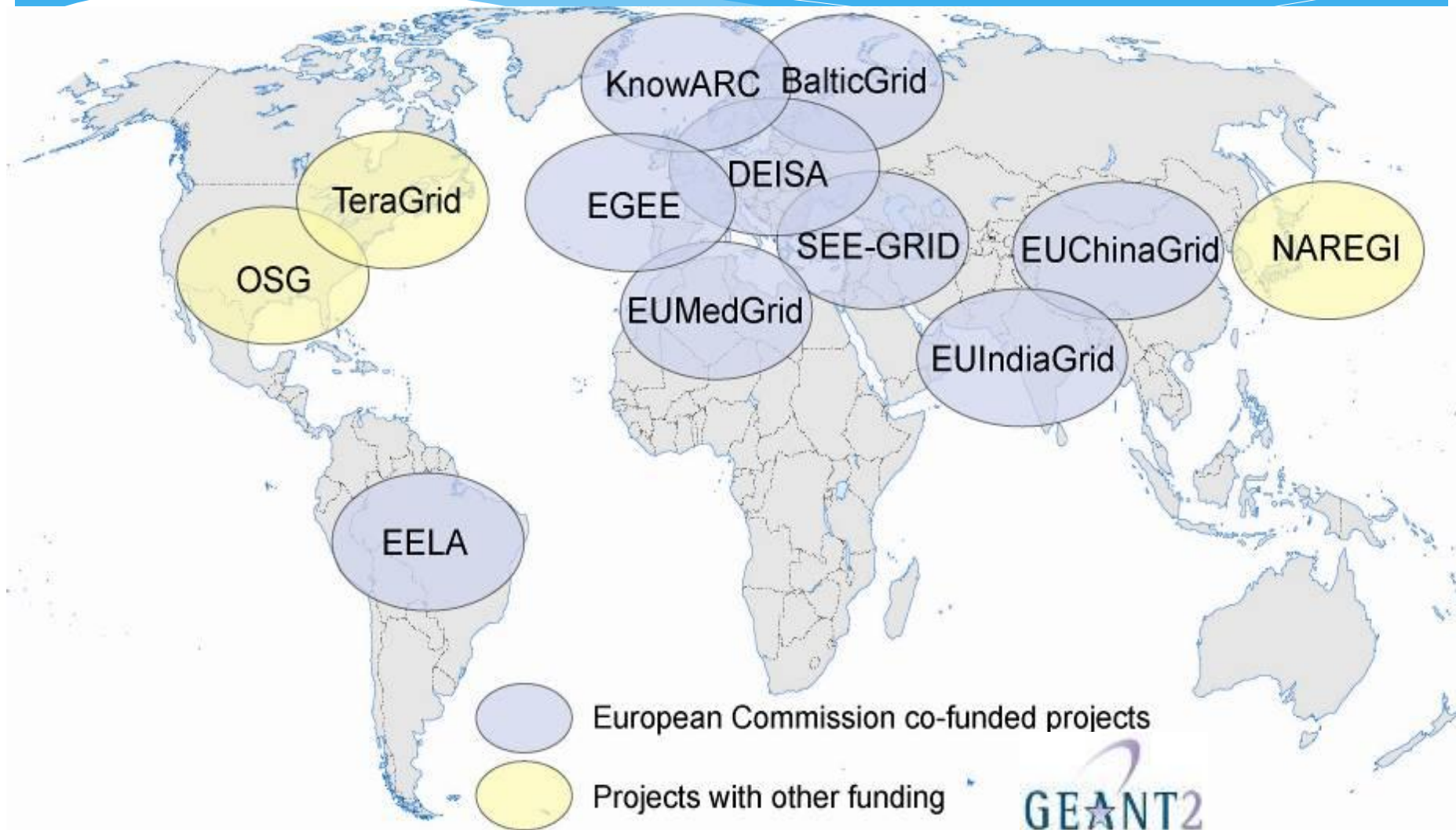
Cloudscape III - EGI Use Case



GridPP₃

UK Computing for Particle Physics

Collaborating e-Infrastructures



Potential for linking ~90 countries by 2010

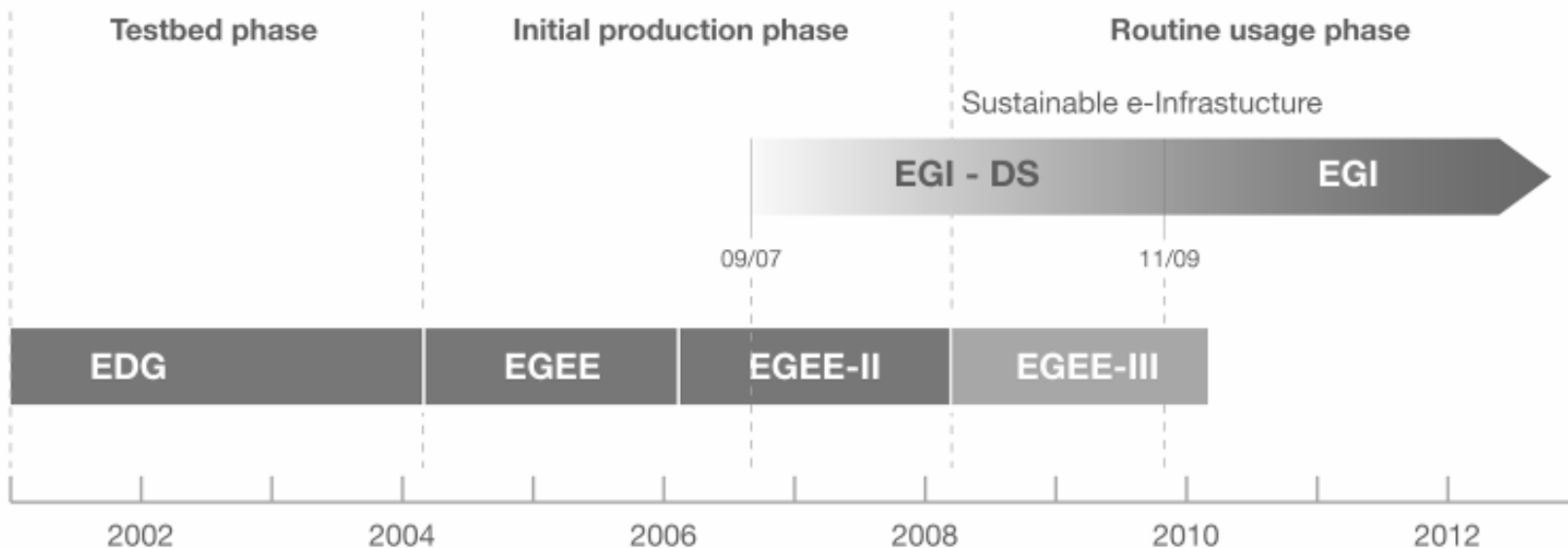
European e-Infrastructure

Need to prepare permanent, common **Grid infrastructure**

Ensure the long-term sustainability of the European e-infrastructure independent of short project funding cycles

Coordinate the integration and interaction between National Grid Infrastructures (NGIs)

Operate the European level of the production Grid infrastructure for a wide range of scientific disciplines to link NGIs



EGI-InSPIRE

The EGI-InSPIRE project (Integrated Sustainable Pan-European Infrastructure for Researchers in Europe) started on 1 May 2010, co-funded by the [European Commission](#) (contract number: RI-261323) for four years, as a collaborative effort involving more than [50 institutions](#) in over 40 countries. Its mission is to establish a sustainable [European Grid Infrastructure](#) (EGI). EGI-InSPIRE is ideally placed to join together the new Distributed Computing Infrastructures (DCIs) such as clouds, supercomputing networks and desktop grids, for the benefit of user communities within the European Research Area.

European Grid Infrastructure (EGI)

The is a publicly funded e-infrastructure put together to give scientists access to more than 370,000 logical CPUs, 170 PB of disk capacity to drive research and innovation in Europe.

Resources are provided by about 350 resource centres who are distributed across 56 countries in Europe, the Asia-Pacific region, Canada and Latin America.

EGI-InSPIRE partners

EGI-InSPIRE is a consortium of 50 partners, including 37 National Grid Initiatives (NGIs), two European International Research Organisations and eight partners from the Asia Pacific region.

From Russia was E-Arena, now is JINR



EGI Capacity building 2004-2013

2004

2013

Sites 2004		Metrics March 2013		Value
CERN	1	Capacity	CPU cores (EGI and integrated resource providers)	372,612 (315 resource centres)
NGI_NL	2		Disk/Tape (PB)	180/167
Sweden	2		Countries	56
NGI_BG	1			
Canada	1	Jobs	Average Job/day (Million)	1.67 (2.25 including local computation)
NGI_FR	1			
NGI_DE	3	% of total norm. CPU wall time consumed	High-Energy Physics	93.78%
Russia	1		Astronomy and Astrophysics	2.78 %
NGI_UK	1		Life Sciences	1.31%
NGI_GR	1		Remaining disciplines	2.13%
NGI_FI	1	CPU wall time	Integrated, Billion hours Jan 2004-Mar 2013	4.8
Taiwan	1			36.8 (normalized HEP-SPC06)

ISGC 2013, Taipei, 21-03-2013

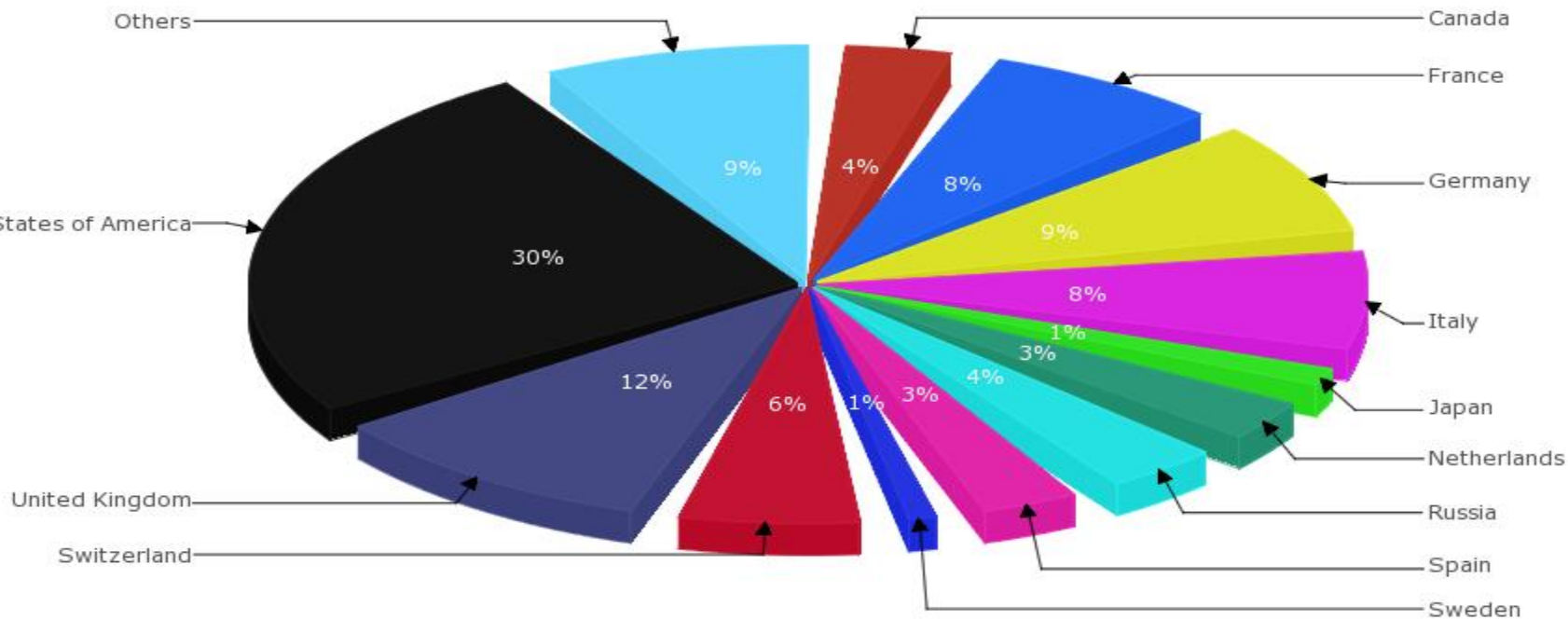


Country Normalized CPU time 2014

View: / normcpu-HEPSPEC06 / 2014: 1-2014: 12 / COUNTRY-VO / lhc (x) / GRBAR-LIN / I

2014-1

COUNTRY Normalised CPU time (HEPSPEC06) per COUNTRY



All Country - 17,739,571,904
Job 561,003,092

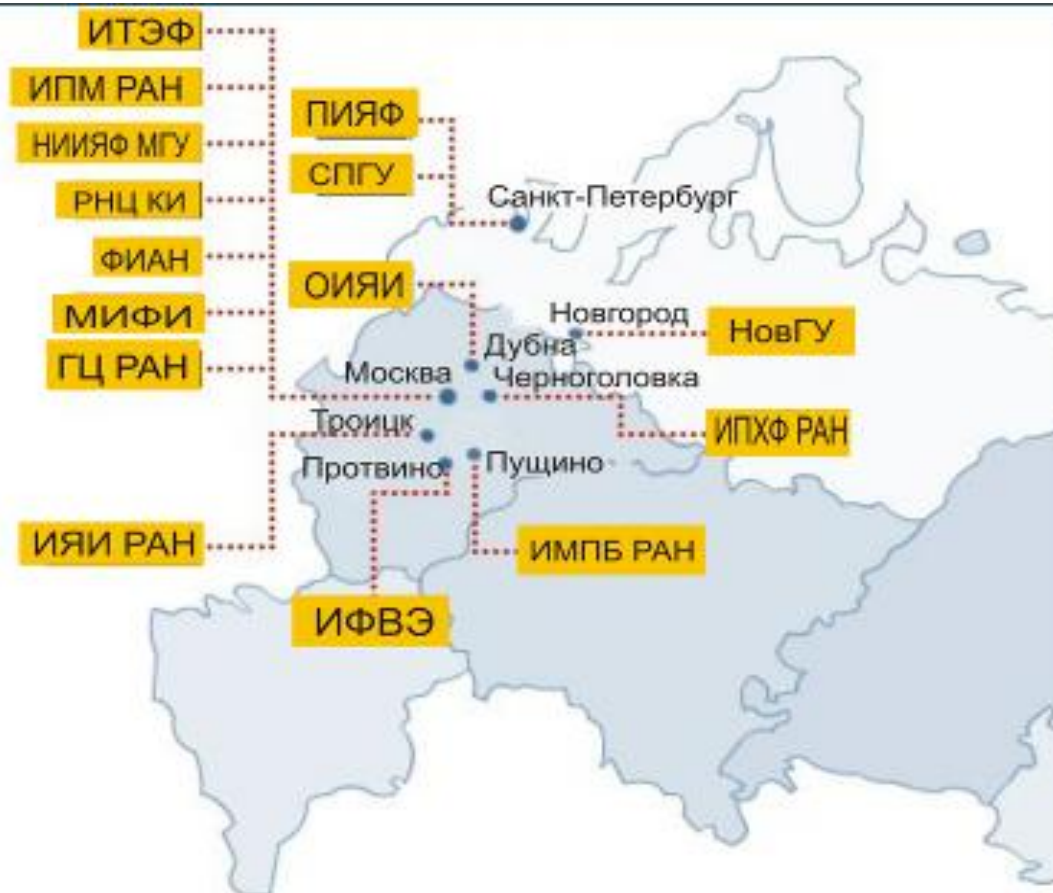
Russia- 711,191,088
19,322,261

Russian Data Intensive Grid infrastructure (RDIG)

The Russian consortium RDIG (Russian Data Intensive Grid), was set up in September 2003 as a national federation in the EGEE project. Now the RDIG infrastructure comprises **10 Resource Centers** with **> 10000 CPU** and **> 8000 TB** of disc storage.

RDIG Resource Centres:

- ITEP
- JINR-LCG2 (Dubna)
- RRC-KI
- RU-Moscow-KIAM
- RU-Phys-SPbSU
- RU-Protvino-IHEP
- RU-SPbSU
- Ru-Troitsk-INR
- ru-IMPB-LCG2
- ru-Moscow-FIAN
- ru-Moscow-MEPHI
- ru-PNPI-LCG2 (Gatchina)
- ru-Moscow-SINP
- **Kharkov-KIPT (UA)**
- **BY-NCPHEP (Minsk)**
- **UA-KNU**
- **UA-BITP**



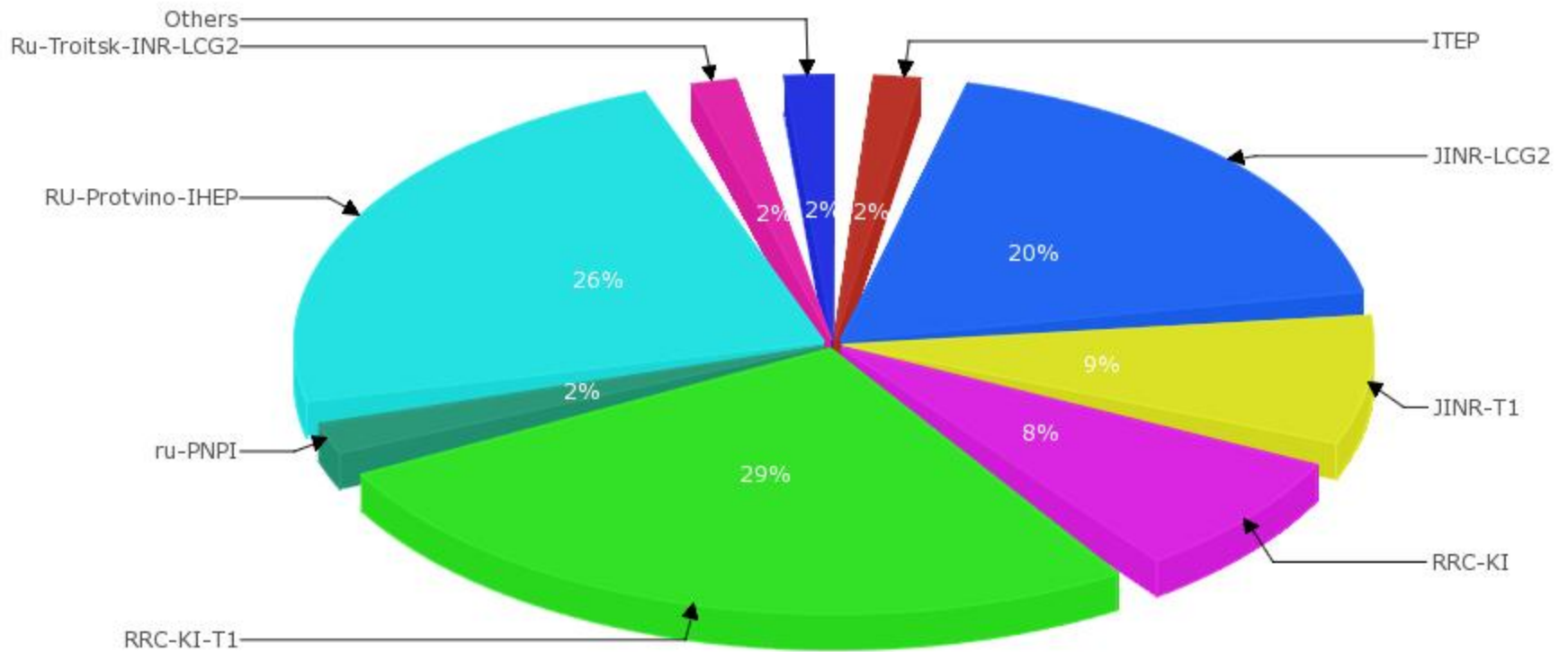


RDIG Normalized CPU time (2014)

EGI View: / normcpu / 2014:1-2014:12 / SITE-DATE / lhc (x) / GRBAR-LIN / 1

20

Russia Normalised CPU time (kSI2K) per SITE



JINR Central Information and Computing Complex

JINR-LCG2 Tier2 Site

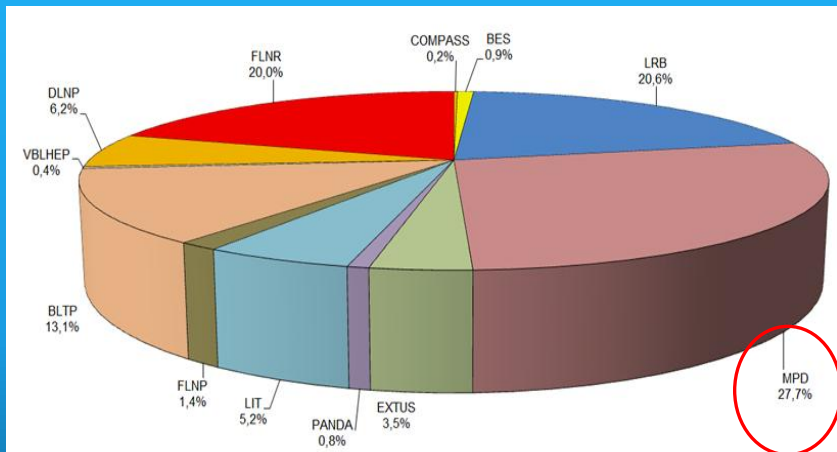
JINR-CMS Tier1 Site

CICC comprises 3780 Cores
Disk storage capacity 2500 TB
Availability and Reliability = 99%

~ 6 million Jobs (using ~210 million normalized CPU time) were executed during 2014

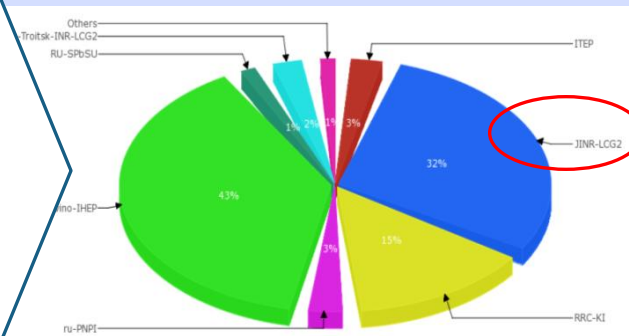
Local users (no grid)

Normalized CPU time share: JINR Laboratories and experiments in 2014.

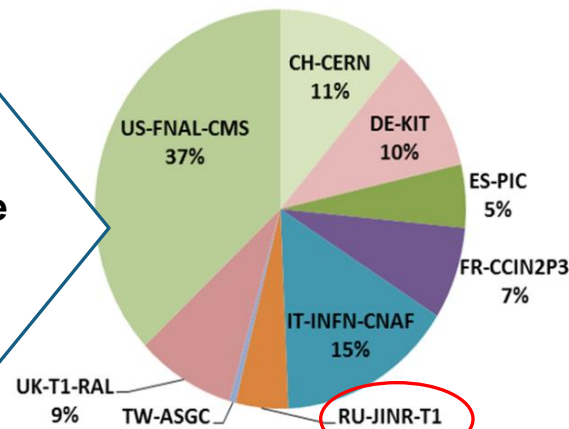


Grid users

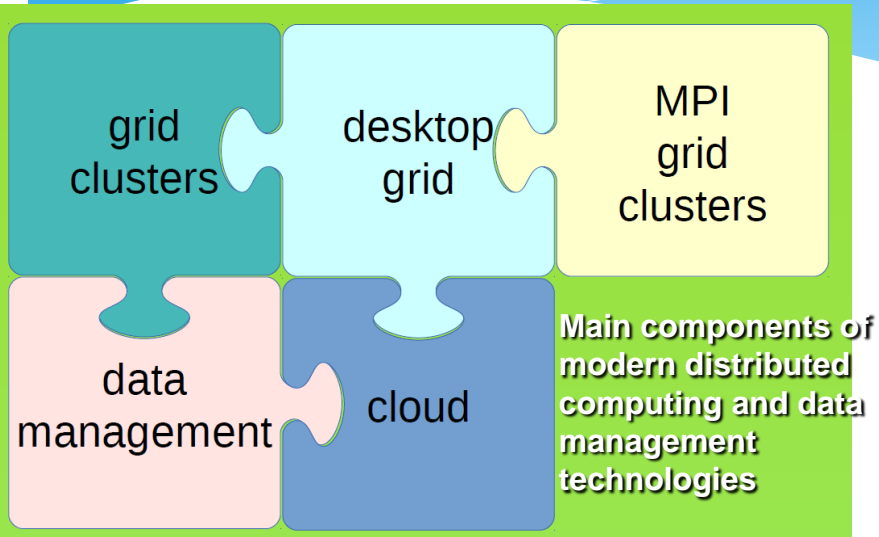
JINR-Tier2 Normalized CPU time share was 33% of RDIG in 2014



JINR-Tier1 Normalized CPU time share was 5% in WLCG for CMS in 2014

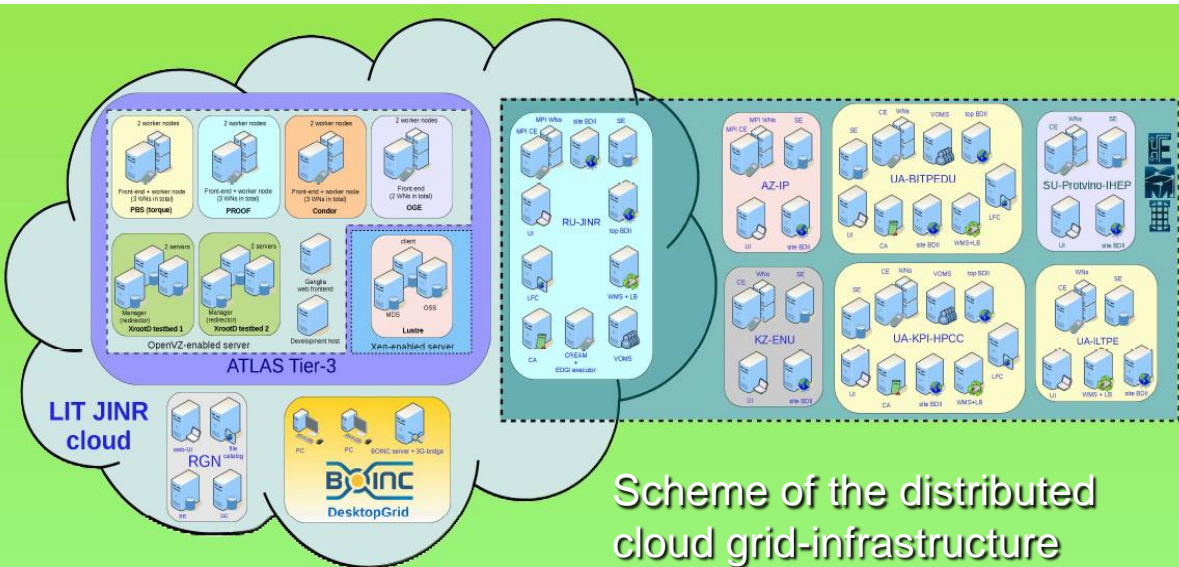


JINR distributed cloud grid-infrastructure for training and research

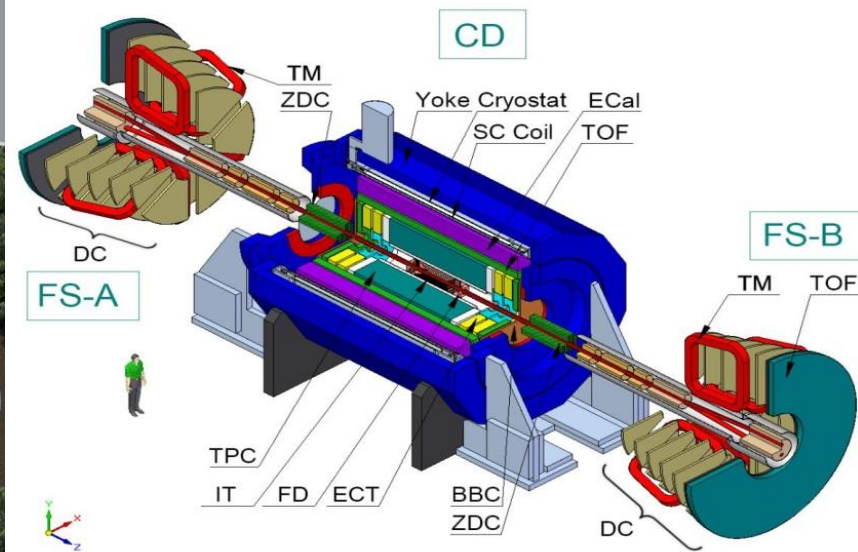


There is a demand in special infrastructure what could become a platform for training, research, development, tests and evaluation of modern technologies in distributed computing and data management. Such infrastructure was set up at LIT integrating the JINR cloud and educational grid infrastructure of the sites located at the following organizations:

- Institute of High-Energy Physics (Protvino, Moscow region),
- Bogolyubov Institute for Theoretical Physics (Kiev, Ukraine),
- National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute" (Kiev, Ukraine),
- L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan),
- B.Verkin Institute for Low Temperature Physics and Engineering of the National Academy of Sciences of Ukraine (Kharkov, Ukraine),
- Institute of Physics of Azerbaijan National Academy of Sciences (Baku, Azerbaijan)



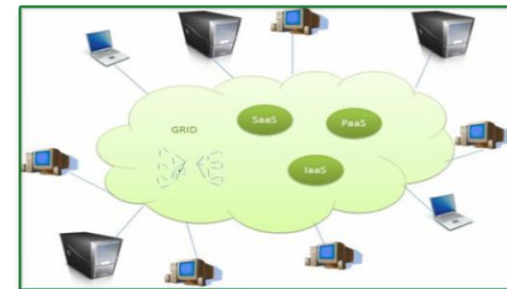
Ускорительный комплекс НИКА



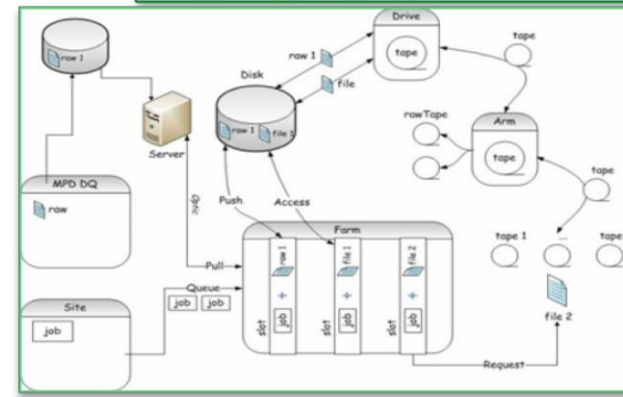
Для проекта НИКА поток данных имеет следующие параметры:

- высокая скорость набора событий (до 6 КГц),
- в центральном столкновении Au-Au при энергиях НИКА образуется до 1000 заряженных частиц,
- Прогнозируемое количество событий 19 миллиардов;
- общий объем исходных данных может быть оценен в 30 PB ежегодно, или 8.4 PB после обработки.

Моделирование распределенной компьютерной инфраструктуры



Создана модель для изучения процессов:
✓ Tape robot,
✓ Disk array,
✓ CPU Cluster.



Worldwide LHC Computing Grid Project (WLCG)

Основной задачей проекта WLCG является создание глобальной инфраструктуры региональных центров для обработки, хранения и анализа данных физических экспериментов LHC.

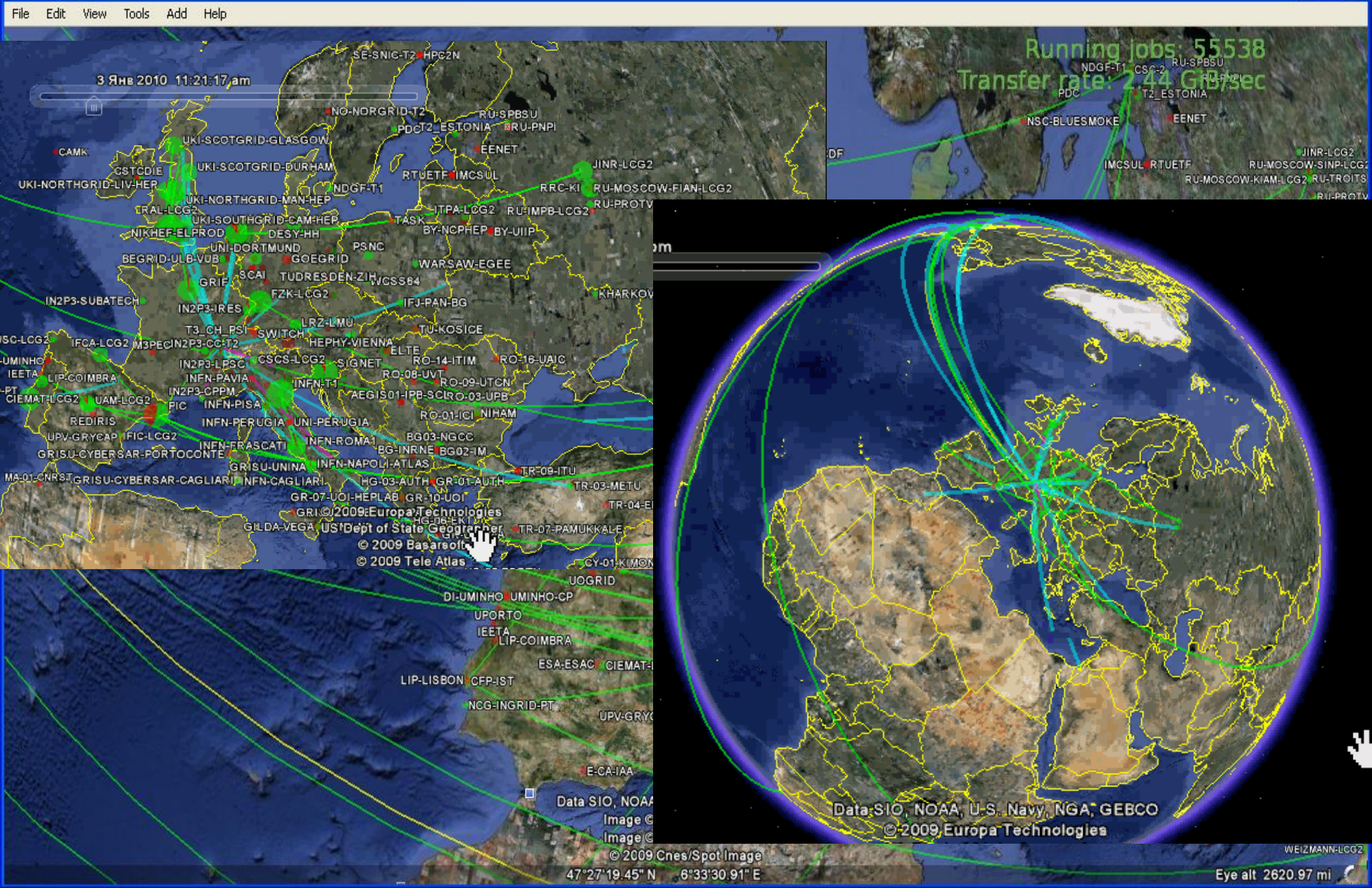
Грид-технологии являются основой построения этой инфраструктуры. *Протокол между ЦЕРН, Россией и ОИЯИ об участии в проекте LCG был подписан в 2003 году.*

MoU об участии в проекте WLCG был подписан в 2007 году.

Задачи российских центров и ОИЯИ в проекте WLCG в 2014 году:

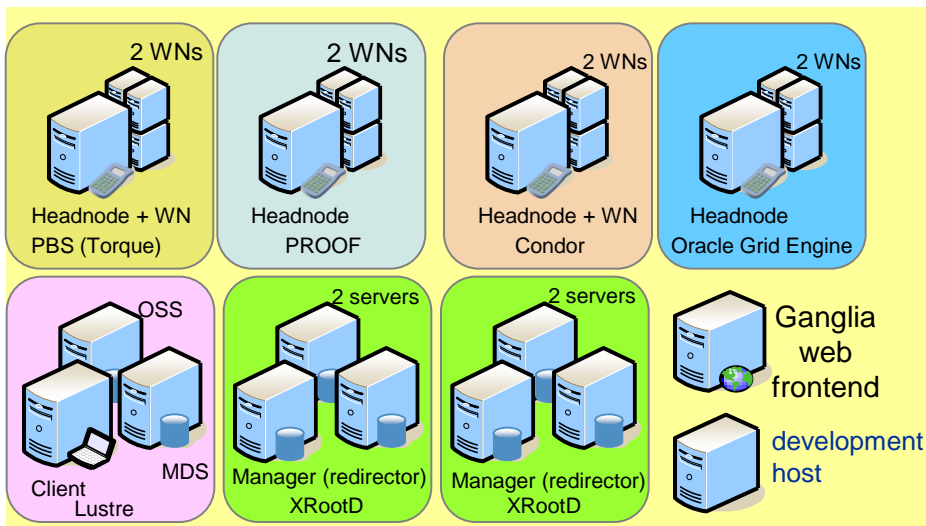
- Создание комплекса тестов для gLite
- Внедрение сервисов WLCG для экспериментов
- Развитие систем мониторинга WLCG
- Система глобального мониторинга Tier3 центров
- Развитие пакетов моделирования для экспериментов
- Разработка архитектуры Tier1 центра в России

WLCG Google Earth Dashboard



Система мониторинга Tier3-центров для анализа данных экспериментов БАК

Для исследования центров уровня Tier3 в ОИЯИ была разработана архитектура тестовой инфраструктуры, которая позволяет создавать прототипы различных конфигураций центров уровня Tier3. С применением технологий виртуализации такая инфраструктура была реализована на базе виртуальных кластеров, что позволило разработать для каждого варианта конфигурации документацию, настроить или разработать средства локального мониторинга, выработать полные рекомендации по системе сбора информации для глобального мониторинга центров уровня Tier3.



Реализация системы мониторинга Tier3 – центров (не-грид) имеет огромное значение для координации работ в рамках виртуальной организации, так как обеспечивается глобальный взгляд на вклад Tier3 сайтов в вычислительный процесс.





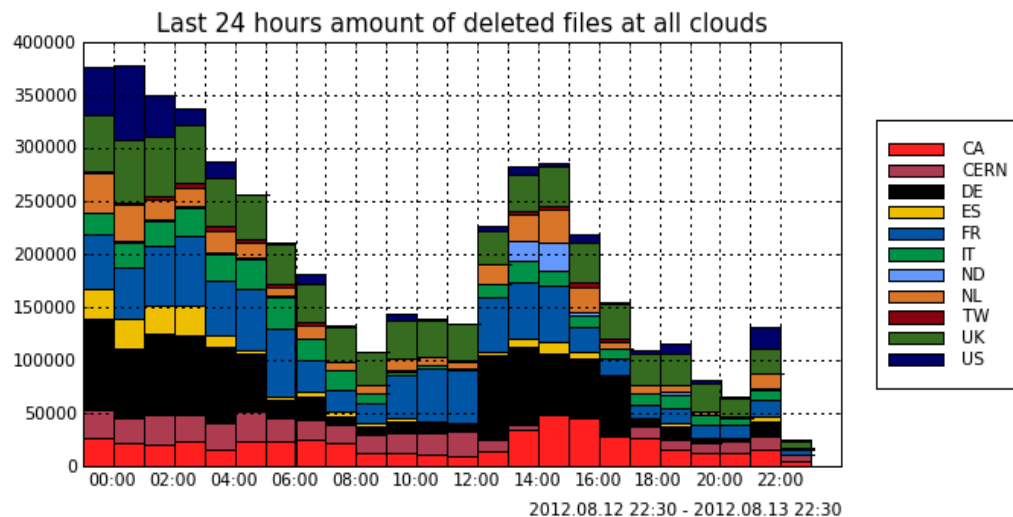
Архитектура системы распределенного хранения данных эксперимента ATLAS

Разработка новой архитектуры сервиса удаления данных для обеспечения целостности распределенного хранения информации эксперимента ATLAS.

- * обслуживает запросы на удаление,
- * организует балансировку нагрузки,
- * обеспечивает масштабируемость и отказоустойчивость системы,
- * корректную обработку исключений, возникающих в процессе работы,
- * стратегию повтора операций в случае возникновения отказов.

Разработаны:

- * новый интерфейс между компонентами сервиса
- * создана новая схема базы данных,
- * перестроено ядро сервиса,
- * созданы интерфейсы с системами массового хранения,
- * модернизирована система мониторинга работы сервиса.



Созданный сервис обеспечивает целостность хранения информации в географически распределенной среде. Данные эксперимента ATLAS распределены более, чем на 130 GRID-сайтах с общим объемом дискового пространства более 120 петабайт, в котором хранятся сотни миллионов файлов. Недельный объем удаляемых данных составляет 2 Пб (20 000 000 файлов).

Глобальная система мониторинга передачи данных в инфраструктуре WLCG

Суть проекта состоит в создании универсальной системы мониторинга, способной собирать информацию :

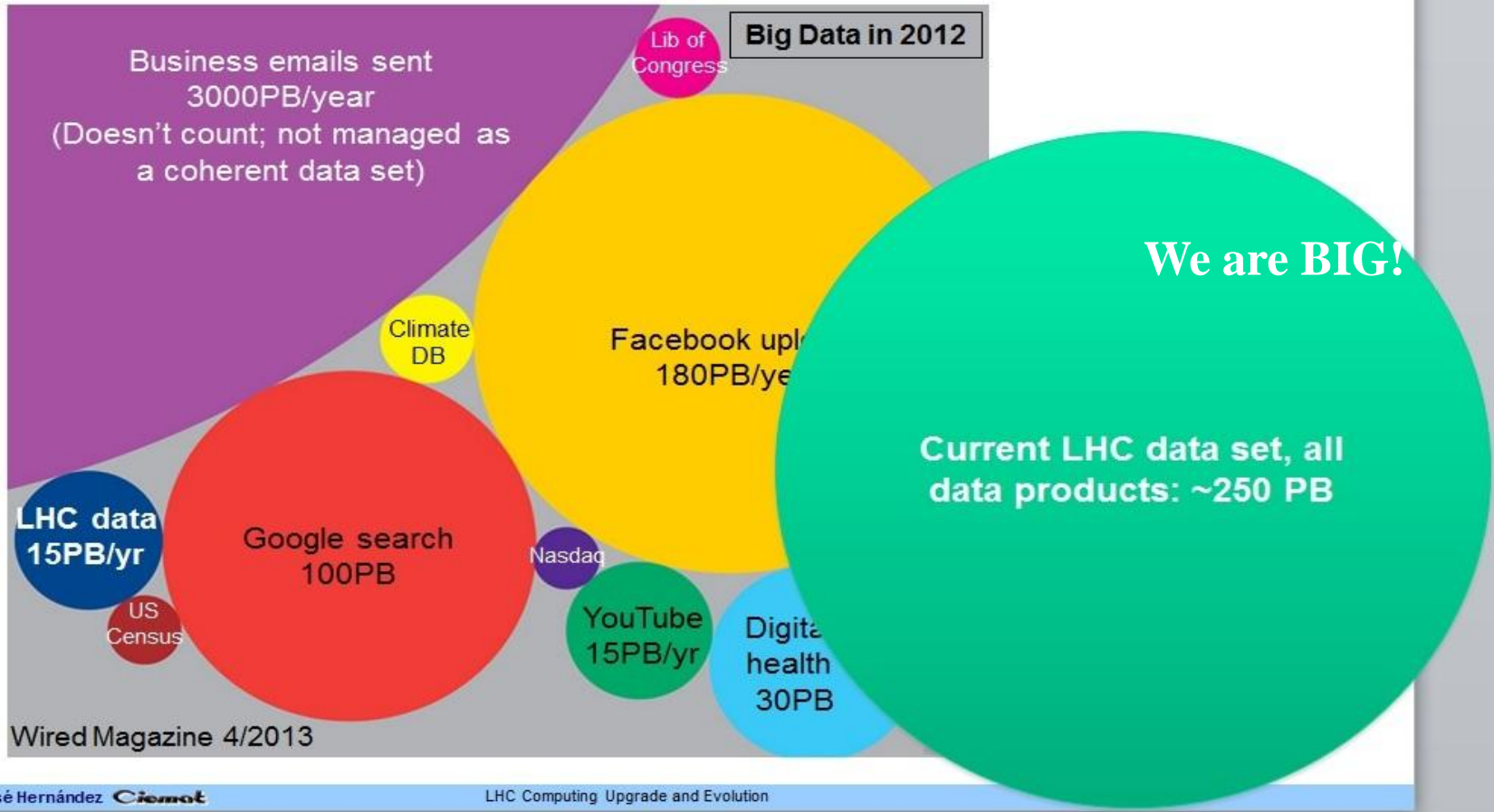
- о каждой передаче данных (Петабайта в день),
- независимо от метода осуществления (несколько протоколов и сервисов передачи файлов, FTS, xROOTd),
- уровень ресурсного центра (Tier-0, Tier-1, Tier-2, Tier-3)
- принадлежности данных определенной виртуальной организации;
- передавать с высокой степенью надежности собранную информацию в центральное хранилище (ORACLE, HADOOP);
- обрабатывать собранные данные для предоставления различным потребителям и программные интерфейсы для получения данных.



Система позволяет полностью удовлетворить потребности в информации различных типов пользователей и администраторов инфраструктуры WLCG.

Вступление в эру Big Data

Where is LHC in Big Data Terms?



Сравнительная диаграмма обрабатываемых данных наглядно показывает, что исследования в ЦЕРНе идут в **условиях Больших Данных**.

После модернизации и запуска ЛНС в 2015 году поток данных возрастет в 2.5 раза, что потребует увеличения ресурсов и оптимизации их использования.

Combined grid and cloud access to increase WLCG efficiency

Жесткая структура системы грид создавалась для интеграции уже существующих аппаратных и программных ресурсов, зафиксированных в системе, в то время как облачная структура распределенных вычислений оказывается более гибкой, используя виртуальные кластеры из виртуальных вычислителей.

Примером уже имеющейся технологии, реализующей подобный синтез для работы с Большими Данными является система PanDA (**P**roduction **and** **D**istributed **A**nalysis – обработка данных и распределенный анализ) эксперимента ATLAS на LHC. Сегодня PanDA развилась в систему BigPanda и рассматривается в качестве платформы для мегапроекта NICA в ОИЯИ.

За большими данными следит ПАНДА

Текст
А. Климентов, сотрудник Брукхавенской национальной лаборатории,
А. Ваншин, сотрудник Аргоннской национальной лаборатории,
В. Кореньков, ОИЯИ, г. Дубна
Иллюстрация Владимир Казаков



Броский и звучный термин «Big Data» прочно занял свое место в лексиконе не только ученых и компьютерных профессионалов, но и политиков разного ранга.

Суперкомпьютеры №15, 2013, стр.56

Resources Accessible via PanDA



Many
Others



Titan System (Cray XK7)			
Peak Performance	27.1 PF 18,688 compute nodes	24.5 PF GPU	2.6 PF CPU
System memory	710 TB total memory		
Interconnect	Gemini High Speed Interconnect	3D Torus	
Storage	Lustre Filesystem	32 PB	
Archive	High Performance File System (HPSS)	29 PB	
I/O Nodes	512 Service and I/O nodes		



Проекты с суперкомпьютерными центрами НИЦ КИ, ННГУ, Острава (Чехия)
Центры Больших данных в НИЦ КИ, РЭУ им. Плеханова

«Яндекс» запустил фабрику по работе с большими данными

«Яндекс» открывает направление по работе с большими данными. Презентация проекта, названного Yandex Data Factory, прошла в Париже, на конференции LeWeb. Компания будет предлагать свои собственные технологии, созданные для обработки больших массивов данных, для решения задач других компаний.

Проект создания центра уровня Tier1 в России

С 2011 года идут подготовительные работы по созданию центра уровня Tier1 в России для обработки, хранения и анализа данных с Большого адронного коллайдера (БАК) на базе НИЦ КИ и ОИЯИ. В настоящее время в рамках ФЦП Министерства образования и науки РФ финансируется проект создания прототипа этого комплекса.

28 сентября 2012 года на заседании Наблюдательного Совета проекта WLCG (глобальная GRID-инфраструктура для БАК) был принят план создания Tier1 в России.

В этом плане 3 основных этапа:

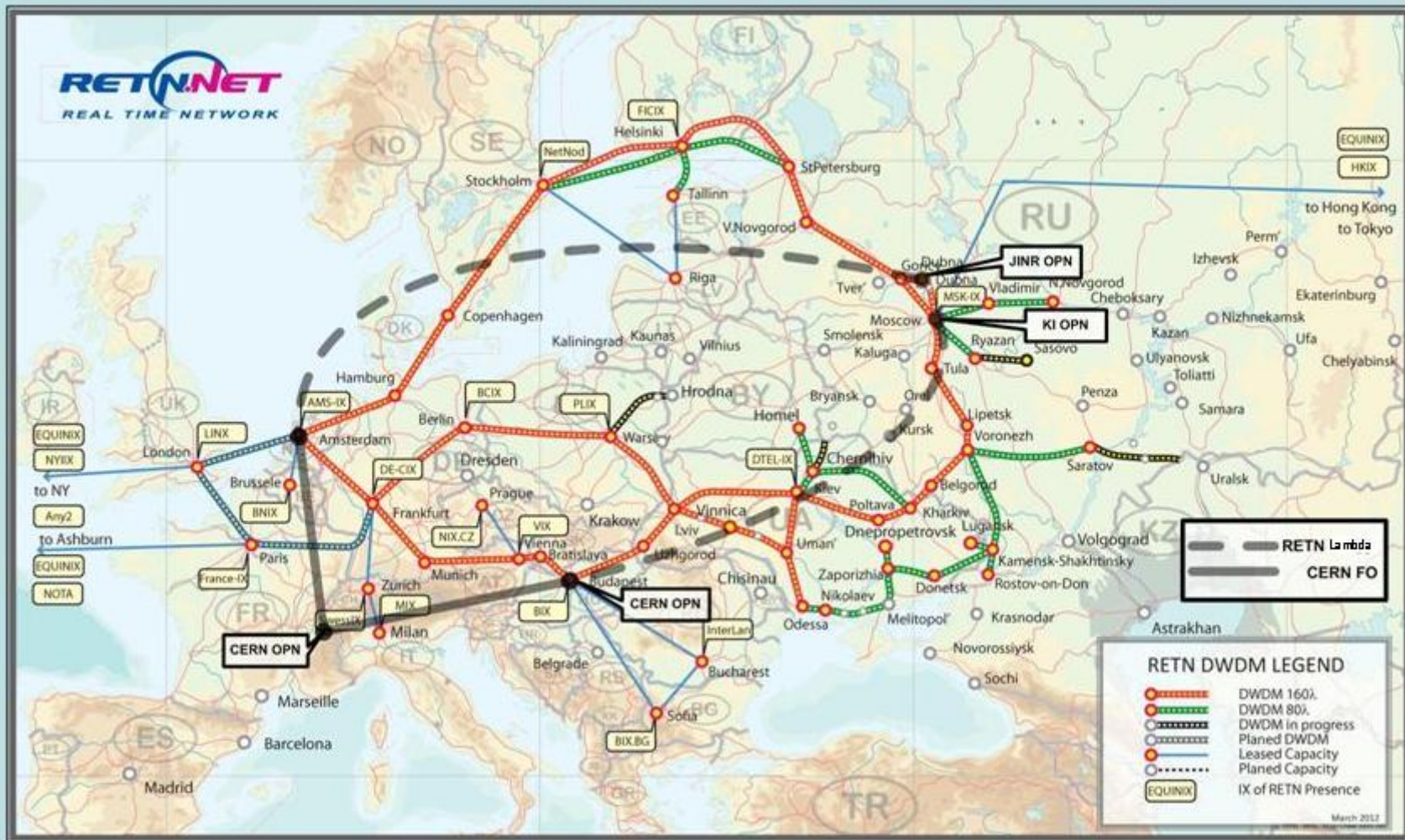
Первый этап (декабрь 2012 года-закончен) - создание прототипа Tier1 в НИЦ КИ и ОИЯИ.

Второй этап (ноябрь 2013 года) – установка оборудования для базового Tier1 центра, его тестирование и доведение до необходимых функциональных характеристик.

Третий этап (ноябрь 2014 года) - дооснащение этого комплекса и ввод в эксплуатацию полномасштабного Tier1 центра в России.

В дальнейшем потребуется планомерное повышение вычислительной мощности и систем хранения данных в соответствии с требованиями экспериментов.

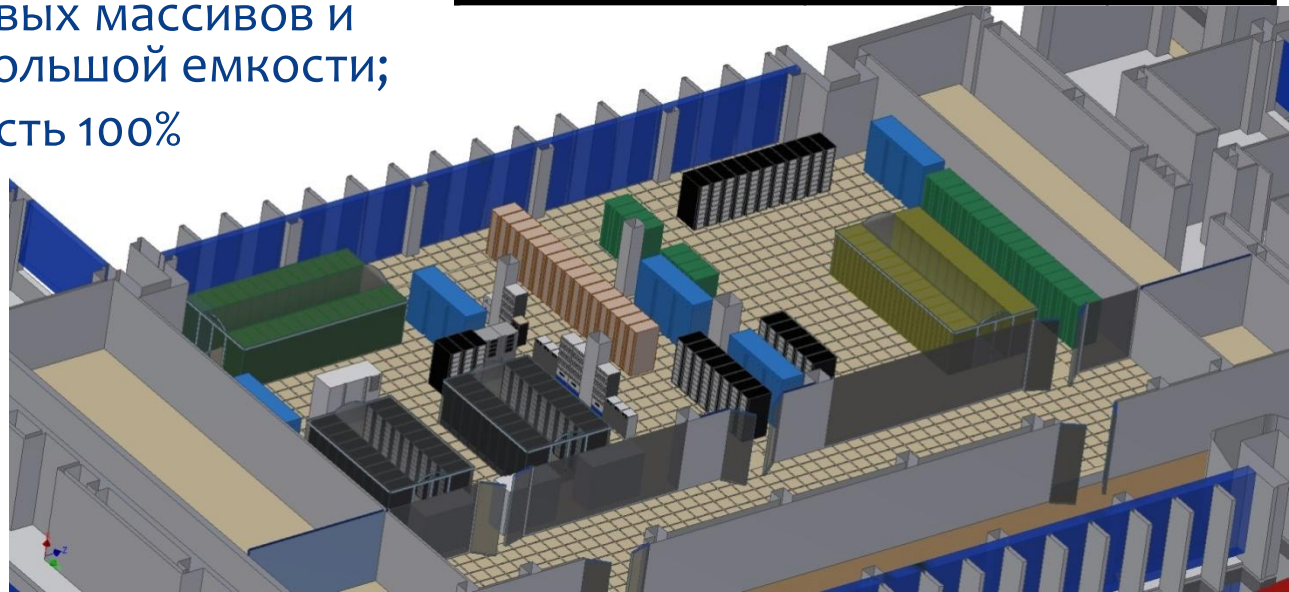
JINR Tier1 Connectivity Scheme

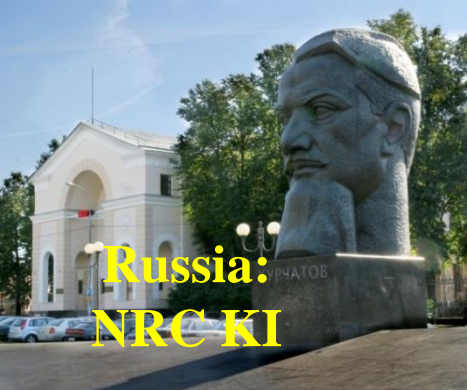


Создание CMS Tier-1 в ОИЯИ

- Инженерная инфраструктура (система бесперебойного электропитания, климат-контроля);
- Высокоскоростная надежная сетевая инфраструктура с выделенным резервируемым каналом в ЦЕРН (LHCOPN);
- Вычислительная система и система хранения на базе дисковых массивов и ленточных библиотек большой емкости;
- Надежность и доступность 100%

	2014	2015	2016
CPU (HEPSpec06)	57600	69120	82944
Number of core	4800	5760	6912
Disk (Terabytes)	4500	5400	6480
Tape (Terabytes)	8000	9600	10520
Link CERN-JINR	10	40	40





Russia:
NRC KI



US-BNL



Amsterdam/NIKHEF-SARA



Taipei/ASGC



Bologna/CNAF



Ca-
TRIUMF



JINR



CERN



NIDGE



US-FNAL



De-FZK



Barcelona/PIC



Lyon/CCIN2P3

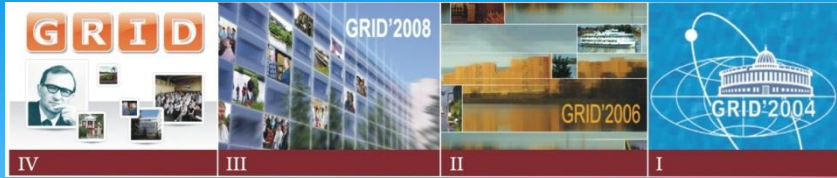


UK-RAL

Frames for Grid cooperation of JINR

- **Worldwide LHC Computing Grid (WLCG)**
- **EGI-InSPIRE**
- **RDIG Development**
- **Project BNL, ANL, UTA “Next Generation Workload Management and Analysis System for BigData”**
- **Tier1 Center in Russia (NRC KI, LIT JINR)**
- **6 Projects at CERN**
- **CERN-RFBR project “Global data transfer monitoring system for WLCG infrastructure”**
- **BMBF grant “Development of the grid-infrastructure and tools to provide joint investigations performed with participation of JINR and German research centers”**
- **“Development of grid segment for the LHC experiments” was supported in frames of JINR-South Africa cooperation agreement;**
- **Development of grid segment at Cairo University and its integration to the JINR GridEdu infrastructure**
- **JINR - FZU AS Czech Republic Project “The grid for the physics experiments”**
- **NASU-RFBR project “Development and implementation of cloud computing technologies on grid-sites of Tier-2 level at LIT JINR and Bogolyubov Institute for Theoretical Physics for data processing from ALICE experiment”**
- **JINR-Romania cooperation Hulubei-Meshcheryakov programme**
- **JINR-Moldova cooperation (MD-GRID, RENAM)**
- **JINR-Mongolia cooperation (Mongol-Grid)**
- **JINR-China cooperation (BES-III)**

LIT traditional conferences



**Distributed Computing and Grid-technologies
in Science and Education**



Mathematics. Computing. Education



**Mathematical Modeling and
Computational Physics**



NEC'2013



XXIV International Symposium on Nuclear Electronics & Computing



**DIGITAL LIBRARIES:
ADVANCED METHODS AND TECHNOLOGIES,
DIGITAL COLLECTIONS**

LIT schools



JINR / CERN

GRID AND ADVANCED INFORMATION SYSTEMS

SCHOOL ON NUCLEAR ELECTRONICS &
COMPUTING BASED ON

[XXIV INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NUCLEAR
ELECTRONICS & COMPUTING](#)



MPAMCS 2012

International Conference-School for Young Scientists
"Modern Problems of Applied Mathematics &
Computer Science"

August 22 - 27, 2012, Dubna, Russia

INFORMATION

AIS-GRID-2014 **MPAMCS2014**
Oktober *August, 25-30*

**In LIT holds regular
tutorial courses and
traineeship of young
scientists and students
from the JINR Member
States**