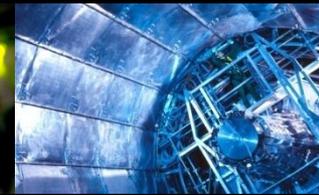
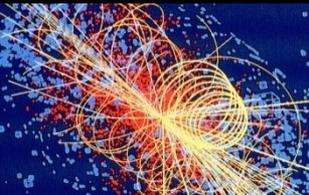


World LHC Computing Grid

Юлия Андреева
ЦЕРН

В презентации использованы слайды
коллег из IT отдела ЦЕРНа

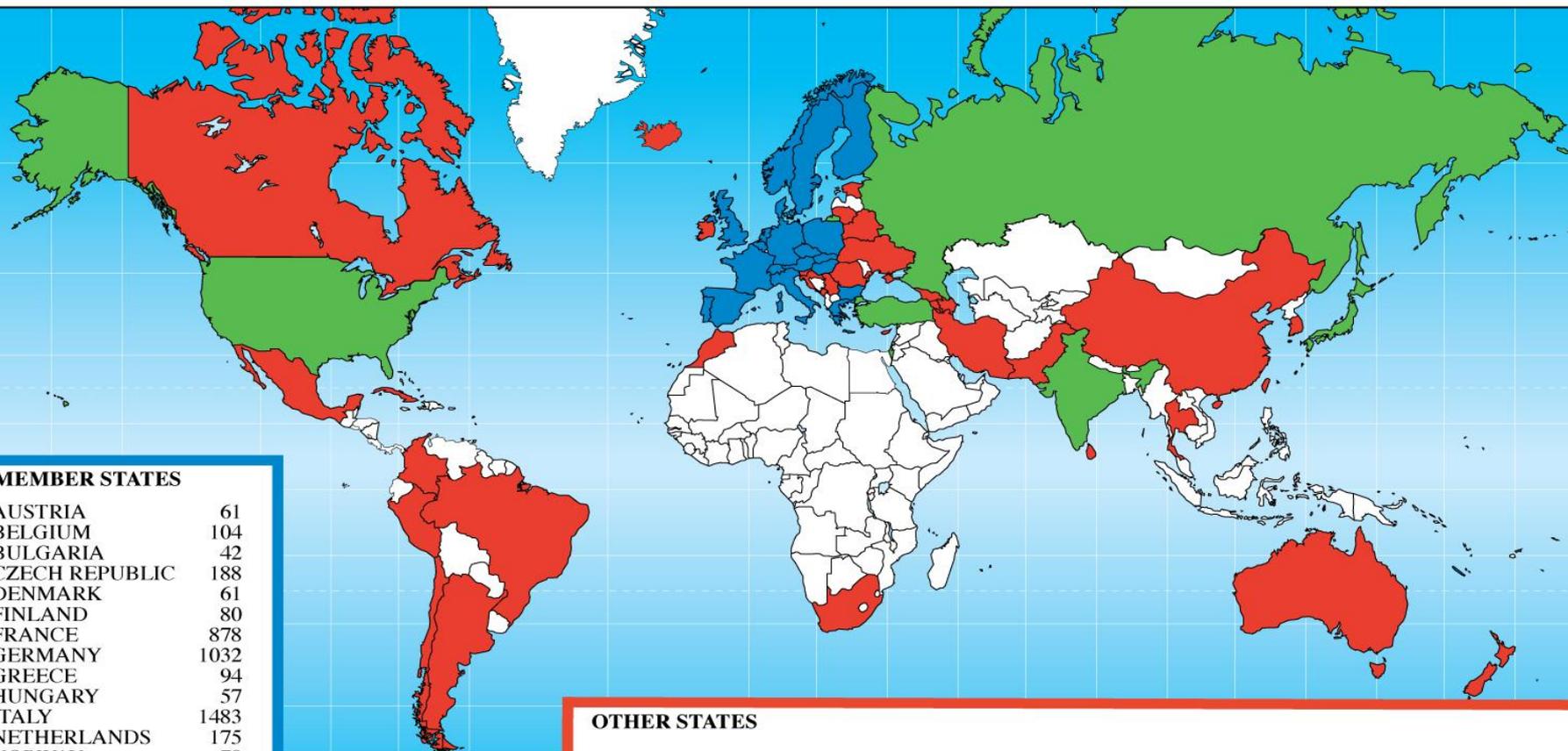


20 стран участниц ЦЕРН...



...и огромное сообщество пользователей в разных уголках планеты

Distribution of All CERN Users by Nation of Institute on 6 January 2009



MEMBER STATES

| | |
|----------------|------|
| AUSTRIA | 61 |
| BELGIUM | 104 |
| BULGARIA | 42 |
| CZECH REPUBLIC | 188 |
| DENMARK | 61 |
| FINLAND | 80 |
| FRANCE | 878 |
| GERMANY | 1032 |
| GREECE | 94 |
| HUNGARY | 57 |
| ITALY | 1483 |
| NETHERLANDS | 175 |
| NORWAY | 78 |
| POLAND | 174 |
| PORTUGAL | 111 |
| SLOVAKIA | 49 |
| SPAIN | 286 |
| SWEDEN | 73 |
| SWITZERLAND | 330 |
| UNITED KINGDOM | 715 |

6071

OBSERVER STATES

| | |
|--------|------|
| INDIA | 89 |
| ISRAEL | 59 |
| JAPAN | 200 |
| RUSSIA | 883 |
| TURKEY | 52 |
| USA | 1485 |

2768

OTHER STATES

| | | | | | | | |
|------------|-----|-----------|----|--------------|----|-----------|----|
| ARGENTINA | 10 | CUBA | 3 | MONTENEGRO | 1 | SRI LANKA | 1 |
| ARMENIA | 15 | CYPRUS | 6 | MOROCCO | 5 | TAIWAN | 42 |
| AUSTRALIA | 14 | ESTONIA | 11 | NEW ZEALAND | 6 | THAILAND | 1 |
| AZERBAIJAN | 1 | GEORGIA | 11 | PAKISTAN | 24 | UKRAINE | 18 |
| BELARUS | 19 | ICELAND | 1 | PERU | 1 | | |
| BRAZIL | 73 | IRAN | 12 | ROMANIA | 49 | | |
| CANADA | 136 | IRELAND | 12 | SERBIA | 17 | | |
| CHILE | 4 | KOREA | 51 | SLOVENIA | 16 | | |
| CHINA | 64 | LITHUANIA | 5 | SOUTH AFRICA | 8 | | |
| COLOMBIA | 11 | MEXICO | 28 | | | | |
| CROATIA | 20 | | | | | | |

696

Альтернативы по созданию компьютерной системы

- ЦЕРН не обладает вычислительными мощностями необходимыми для обработки и хранения данных
- Возможные решения:
 - Многкратное увеличение компьютерного центра ЦЕРНе
 - ИЛИ
 - Использование ресурсов институтов участвующих в экспериментах и расположенных в разных уголках земного шара

Концепция ГРИДа

- Грид является географически распределённой инфраструктурой, объединяющей множество ресурсов разных типов (процессоры, долговременная и оперативная память, хранилища и базы данных, сети), доступ к которым пользователь может получить из любой точки, независимо от места их расположения.
- Идея грид-компьютинга возникла вместе с распространением персональных компьютеров, развитием интернета и технологий пакетной передачи данных на основе оптического волокна а также технологий локальных сетей (Gigabit Ethernet). Полоса пропускания коммуникационных средств стала достаточной, чтобы при необходимости привлечь ресурсы другого компьютера.
- Термин «грид-вычисления» появился в начале 1990-х гг., как метафора о такой же лёгкости доступа к вычислительным ресурсам, как и к электрической сети (англ. power grid) в сборнике под редакцией Яна Фостера и Карла Кессельмана

Компьютерный ГРИД для ЛНС - ЭТО ...

- Распределенная компьютерная система предоставляющая ресурсы для ЛНС вычислений
- Разработанная, оперируемая и управляемая мировой научной коллаборацией между экспериментами и компьютерными центрами
- Главная идея заключается в использовании компьютерных ресурсов независимо от места их расположения

Компьютерный ГРИД для ЛНС - почему?

Мы имеем дело распределенными ресурсами (компьютерные мощности, кадры, финансирование)

Участники ЛНС заинтересованы вкладывать деньги в ресурсы в своей стране одновременно решая общую задачу

С технической точки зрения распределенная система более надежна.

Компьютерный ГРИД для LHC это система созданная для пользователей

Несколько слоев
матобеспечения решают задачу
абстагирования пользователя от
сложности имплементации
компьютерной системы
Пользователь видит ГРИД как
единый вычислительный ресурс



Сложность имплементации диктуется высокими требованиями

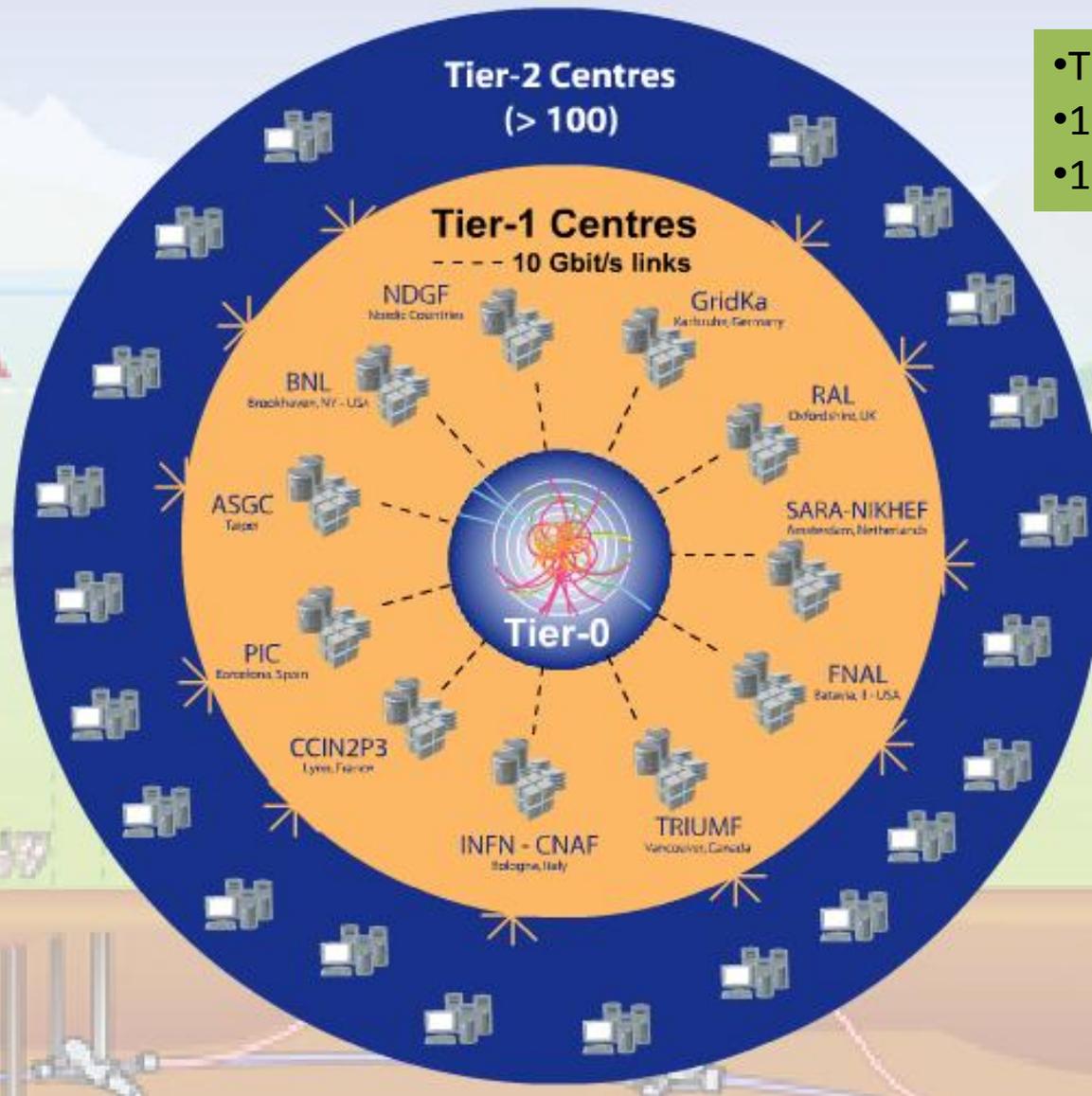
- Объем данных
 - Высокая скорость набора данных помножить на большой объем данных помножить на 4 эксперимента
 - 20 Petabytes новых данных в год
 - Все данные должны архивироваться на лентах
- Вычислительные мощности
 - Сложные события × большое количество событий × тысячи пользователей: ~ 100,000 процессоров
- Распределенные ресурсы и финансирование
- Неоднородное матобеспечение
- Федерация ГРИД систем (EGEE, OSG, NorduGrid)
- Большое количество пользователей
 - 5000 ученых
 - 500 институтов



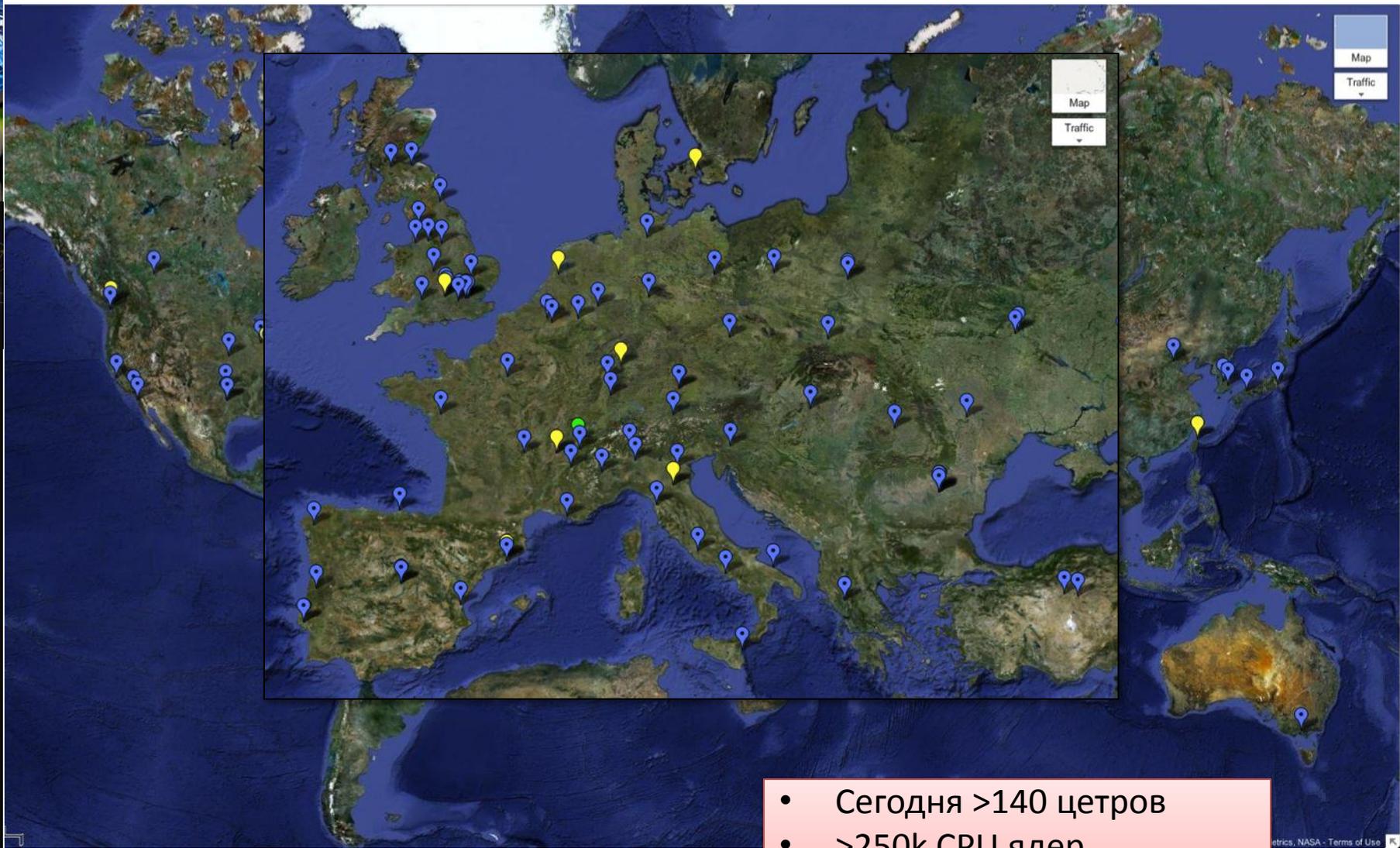
- WLCG инфраструктура работает с 2005 года

WLCG структура

- Tier-0 (CERN)
- 11 Tier-1
- 130 Tier-2



WLCG ГРИД центры



- Сегодня >140 центров
- >250к CPU ядер
- >150 PB дискового пространства



Задачи решаемые на WLCG

- Передача данных
 - Туда, где они должны храниться и обрабатываться
- “Production” вычисления (реконструкция, симуляция)
- “Analysis” вычисления

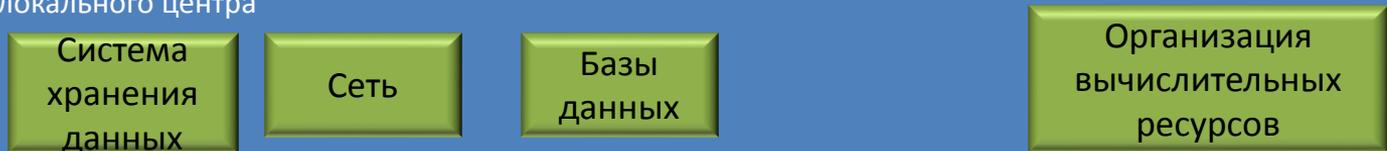
Матобеспечение

Матобеспечение экспериментов

Матобеспечение ГРИД

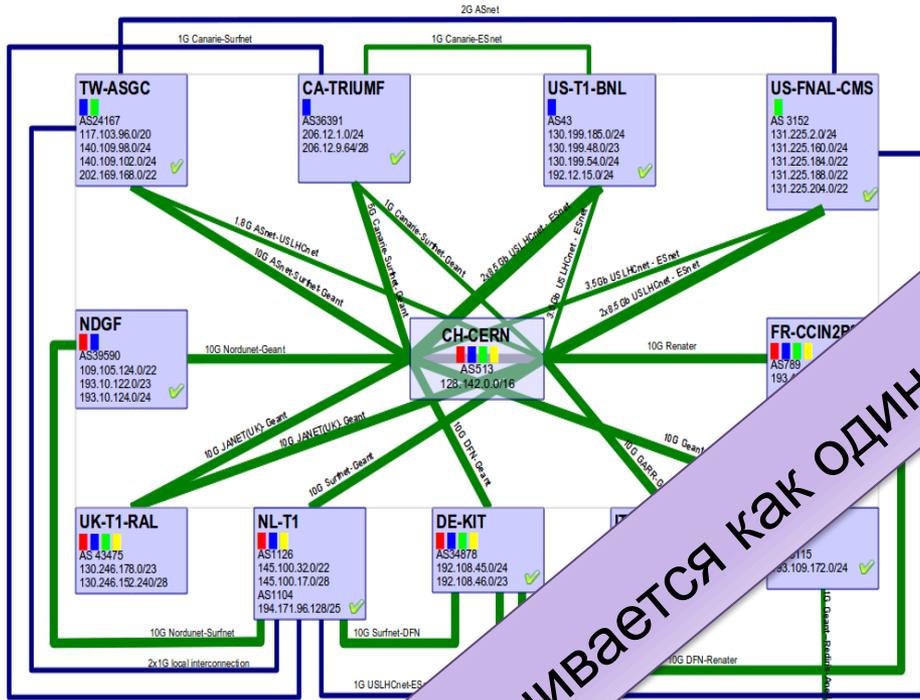


Уровень локального центра



LHC Networking

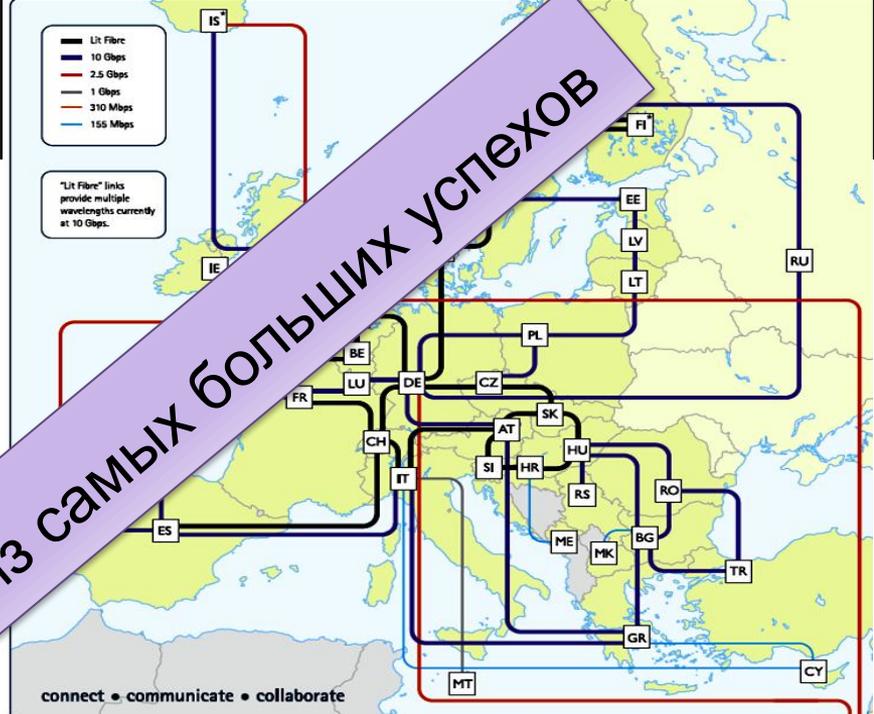
LHCOPN



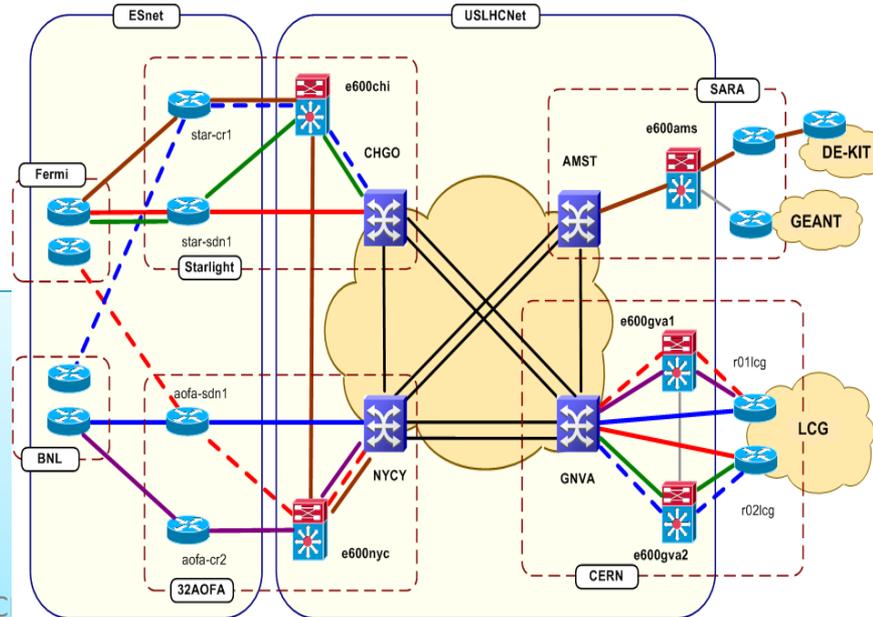
- 10-T1 and T1-T1 traffic
- T1-T1 traffic only
- Not deployed yet
- (thick) >10Gbps
- (thin) <10Gbps
- = Alice = Atlas
- = CMS = LHCb
- ✓ = internet backup available
- pdp prefix: 192.16.166.0/24
- esbarco.marcell@cern.ch 20 100%

• Reconnect to
 N, GEANT, US-LHCNet
 NRENs & other national
 & international providers

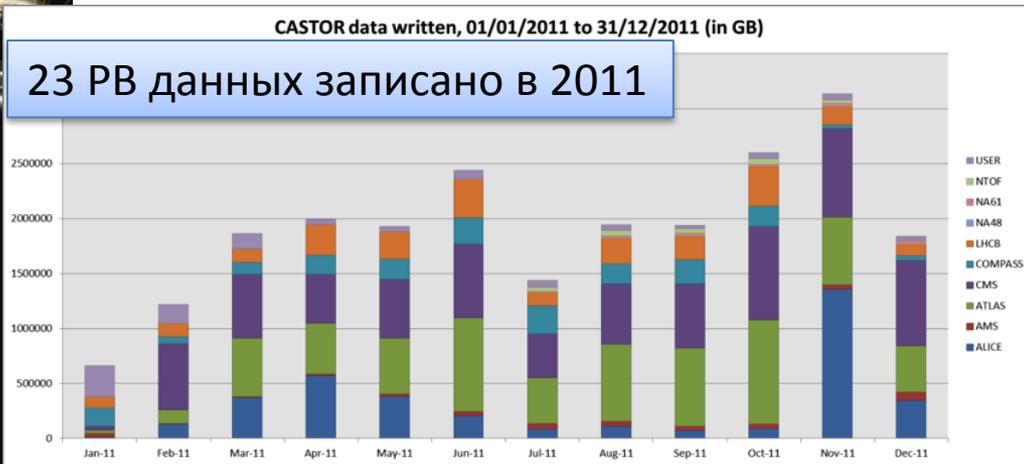
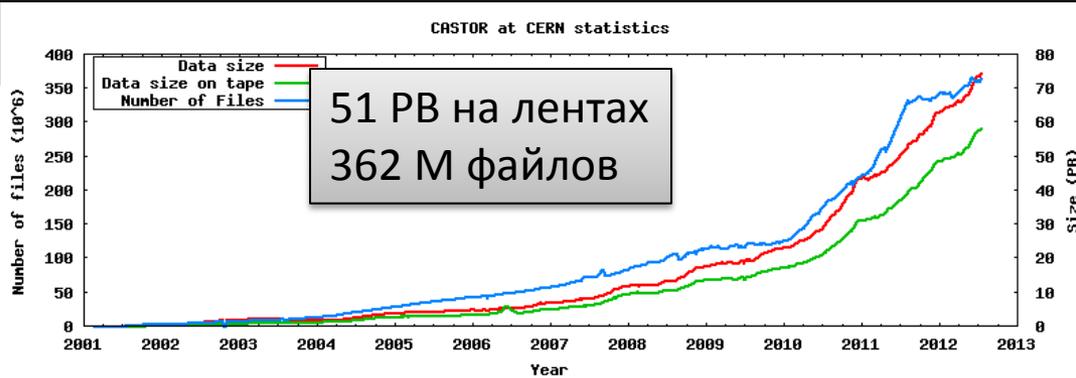
Ian Bird, C



Planned Backbone Topology by the end of 2010. GÉANT is operated by DANTE on behalf of Europe's NRENs.

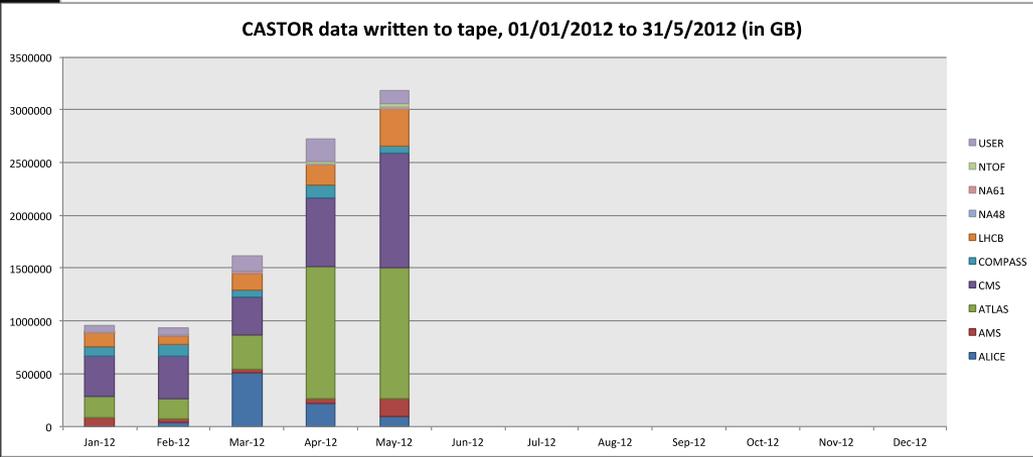


Данные на центре о уровня



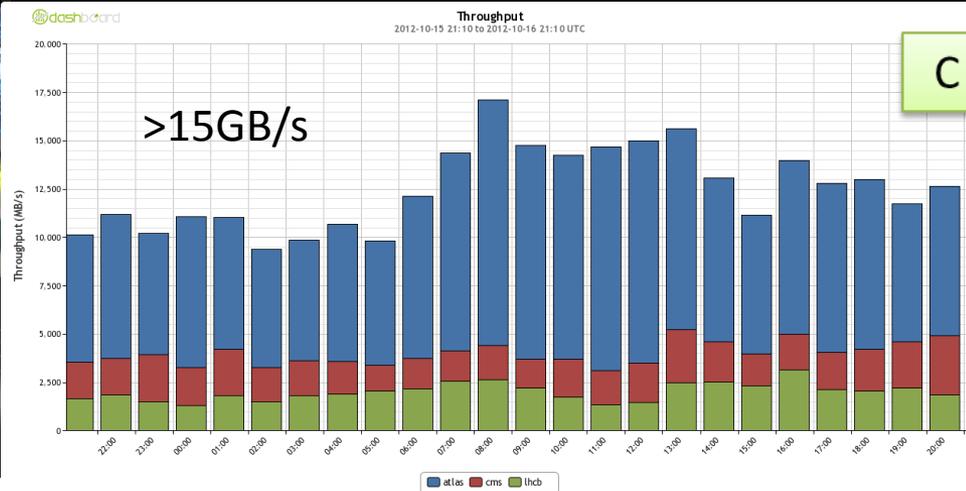
В 2010+2011 ~38 PB сохранено, в 2012 ожидается дополнительно 30 PB

2 PB/месяц в 2011;
3 PB/месяц в 2012 (11 PB в неделю)

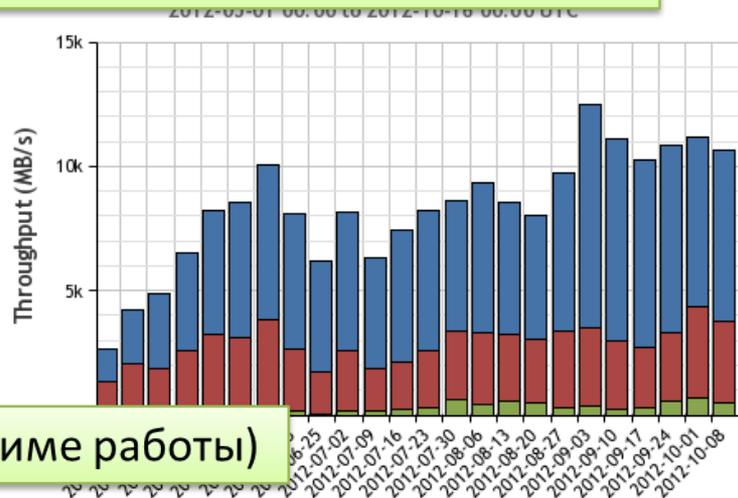


2012 записан данных:
Total 9.4 PB до конца мая
>3 PB в мае

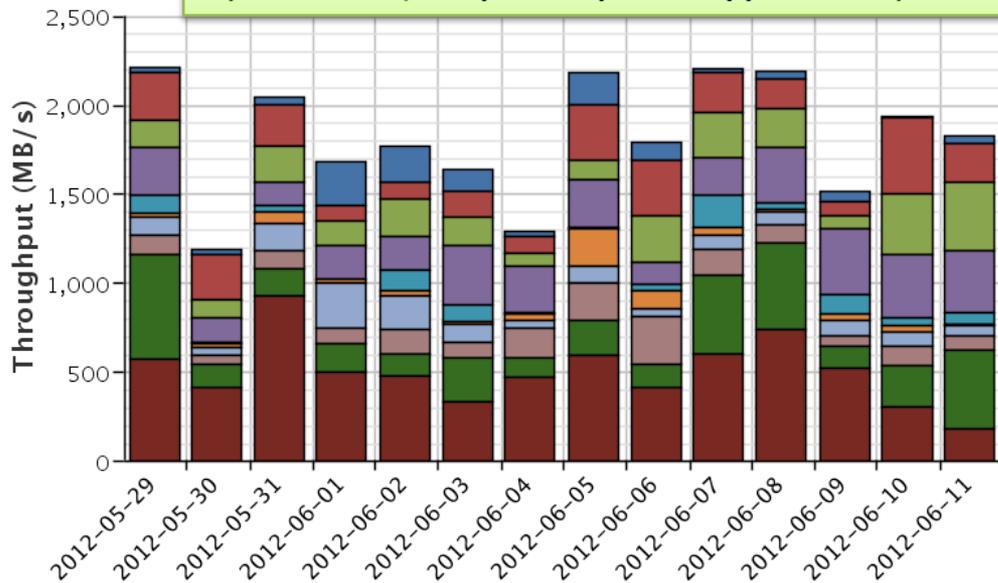
Передача данных



С мая 2012 до начала октября 2012



ЦЕРН → центры первого уровня (LHC в режиме работы)



Canada France Germany Italy Netherlands Nordia Spain Taiwan UK USA

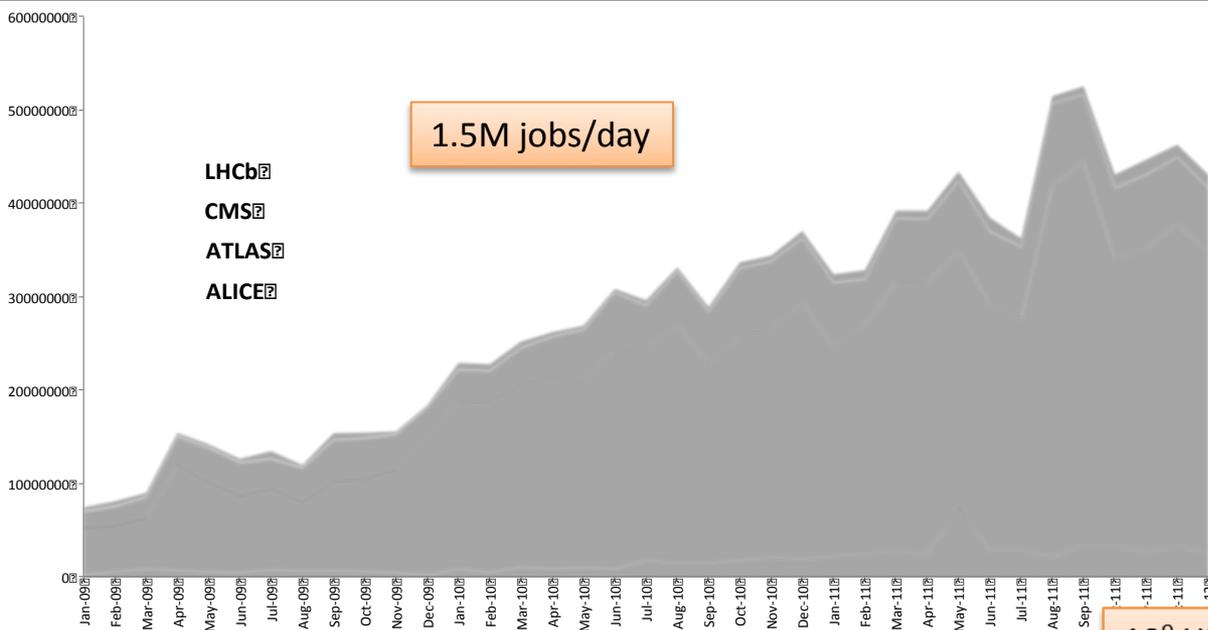
Планируемая скорость:

Tier 0 – Tier 1: 650 MB/s

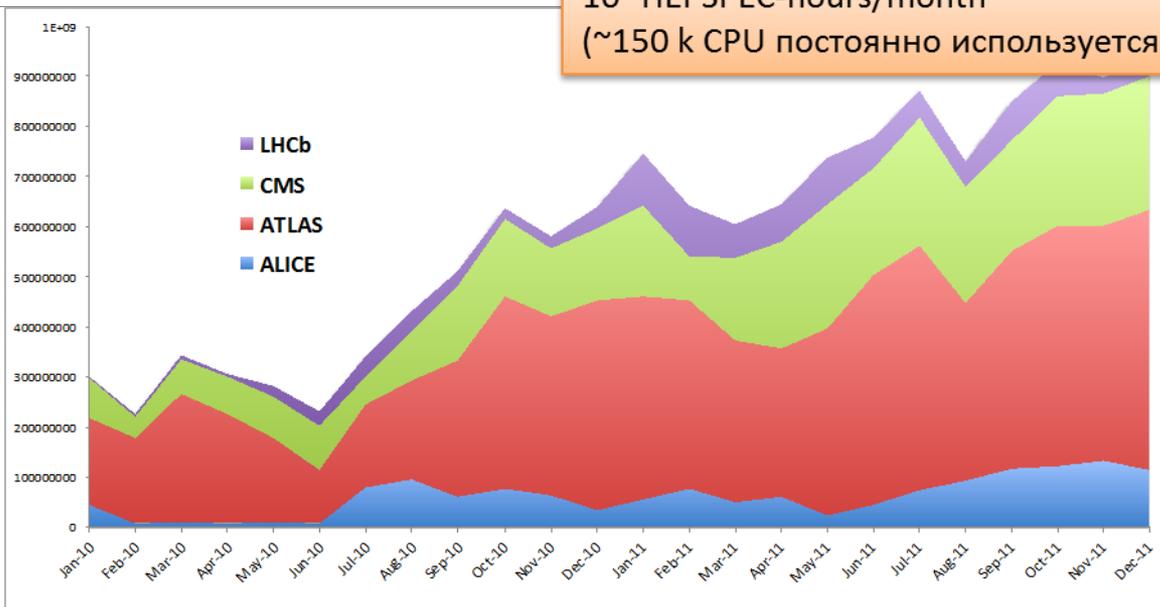
Использование вычислительных мощностей

Продолжает расти...

- # задач в день
- CPU

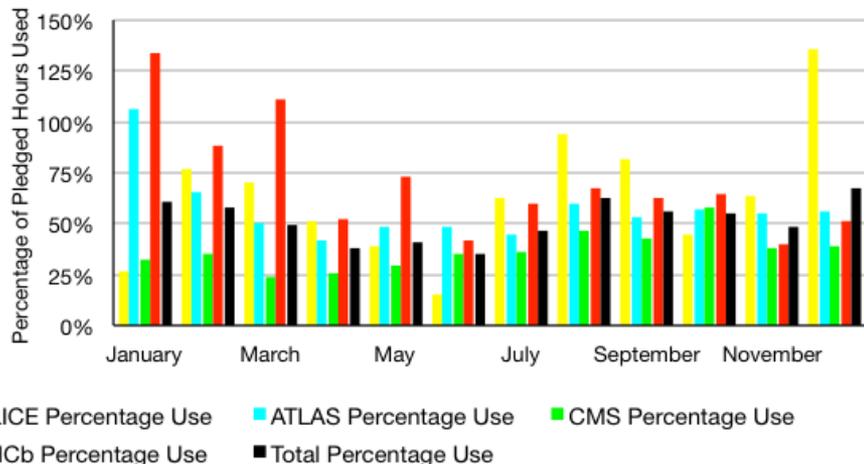


10⁹ HEPSPEC-hours/month
(~150 к CPU постоянно используется)

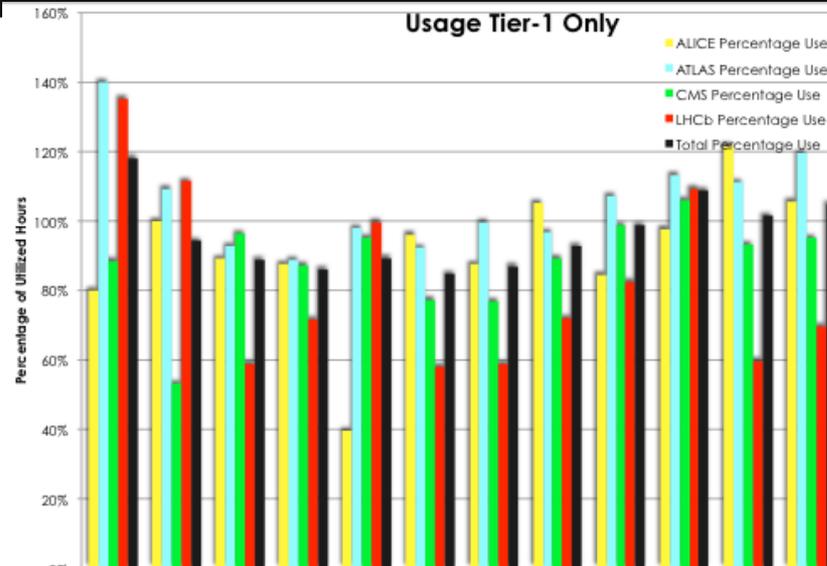


Использование ресурсов в сравнении с квотами

Usage of CERN

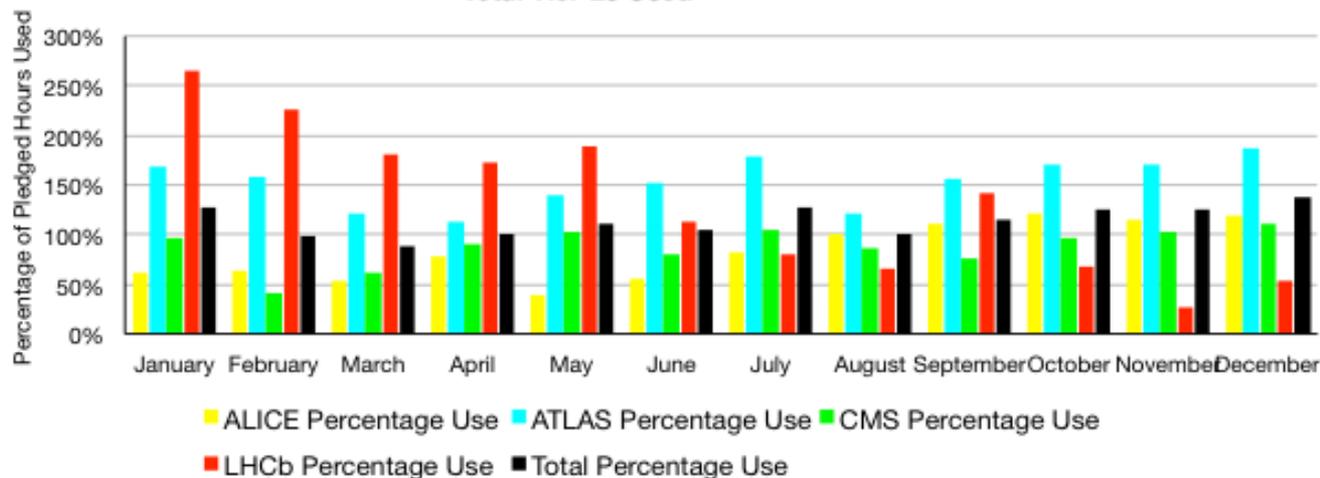


Usage Tier-1 Only



Мы используем все предоставленные ресурсы!

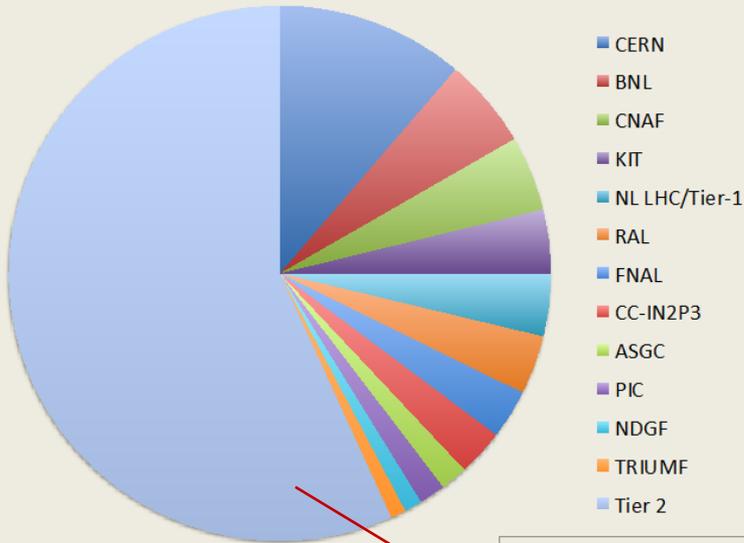
Total Tier-2s Used



CPU – распределение по центрам

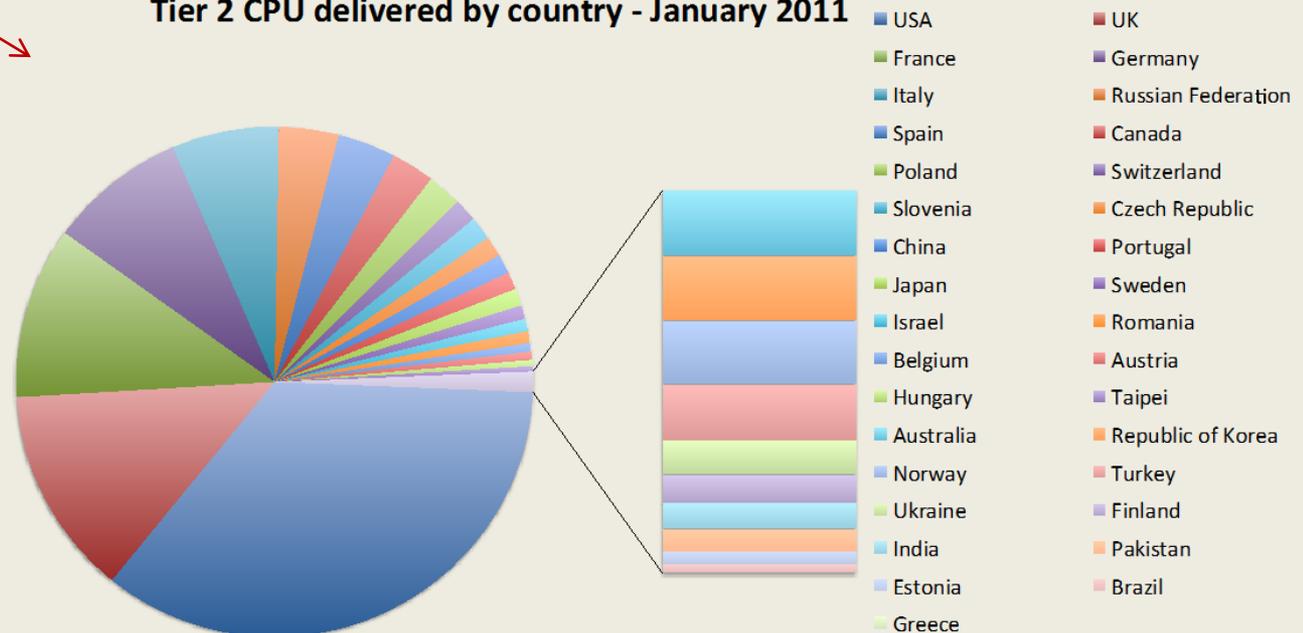
РАЗНОГО УРОВНЯ

CPU delivered - January 2011



- ГРИД действительно работает
 - Все центры большие и маленькие
- Вносят свой вклад
- И этот вклад востребован!**

Tier 2 CPU delivered by country - January 2011



WLCG – работа без выходных

Running jobs: 151768.0
Transfer rate: 4.72 GiB/sec

3 января



© 2011 Europa Technologies
US Dept of State Geographer
© 2011 Google
© 2011 MapLink/Tele Atlas

Google™ earth

Eye alt 18391.55 km

WLCG
Worldwide LHC Computing Grid



Как добиться надежной и эффективной работы инфраструктуры

- Добиться надежной и эффективной работы такой большой, сложной и неоднородной инфраструктуры очень трудно
- Компьютерные смены
- Постоянное общение между экспериментами и вычислительными центрами (ежедневные получасовые рабочие собрания)
- Тестирование распределенных центров и сервисов
- Мониторирование

Тестирование

- Разработана система удаленного тестирования распределенных сервисов и центров
- Тесты проверяющие определенную функциональность регулярно запускаются как ГРИД задачи на все центры инфраструктуры
- Результаты выполнения этих тестов сохраняются в центральной базе данных
- На основании результатов этих тестов вычисляется эффективность работы центра
- Центры не справляющиеся с критическими тестами временно исключаются из информационной системы и становятся невидимыми для системы управления задач

Мониторирование

- Разработано большое количество систем позволяющих мониторировать состояние и эффективность работы отдельных сервисов, сайтов, а так же эффективность передачи данных и ведения вычислений
- Роль систем мониторинга очень важна, т.к. они позволяют обнаружить проблемы, идентифицировать их причины и принять меры по их устранению

Эволюция центра 0 уровня

- Начиная с 2005 г стали очевидны проблемы связанные с достижением максимальной нагрузки компьютерного центра, что делало невозможным дальнейшее наращивание **вычислительных мощностей**
 - Ограничение на уровне 2.5 MW
 - В то время как потребность 2020 году оценивается ~10 MW
- **Кроме того наблюдались другие ограничения**
 - Перегрузка систем UPS
 - Существенный недостаток систем электроснабжения в критических ситуациях (дизельные устройства)
 - Отсутствие резервного центра в случае глобальной проблемы с компьютерным центром ЦЕРНа

Новый центр 0 уровня в Будапеште



После проведения тендера, новый центр было решено строить в Будапеште

Первый этап работ должен быть завершен в конце 2012 года

**1100m² (725m²) в существующем здании но с новой инфраструктурой
Полное покрытие UPS и дизельными устройствами б максимум 2.7MW**

Новый центр должен быть полностью введен в действие в первом квартале 2014 года

Оба центра должны работать как единое целое



Cloud computing



Виртуальные машины

Виртуальная машина эмулирует работу реального компьютера или отдельных компонентов аппаратного обеспечения (включая BIOS, оперативную память, жёсткий диск и другие периферийные устройства) или некоторой вычислительной среды

Например, Windows можно запускать в виртуальной машине под Linux или наоборот

На одном компьютере может функционировать несколько виртуальных машин => можно имитировать несколько серверов на одном компьютере

Появление виртуальных машин позволяет существенно облегчить поддержку вычислительных кластеров и установку/переустановку на них требуемого окружения, сервисов, т.д.

Появление виртуальных машин дало толчок Cloud computing

Cloud computing

- Cloud computing (Облачные вычисления) предлагает путь как можно по мере необходимости, возможно временно увеличить вычислительные мощности, не закупая оборудования, не расширяя помещения, не нанимая и обучая персонал т.д.
- **Облачные вычисления представляют собой динамически масштабируемый способ доступа к внешним вычислительным ресурсам в виде сервиса, предоставляемого посредством Интернета**
При этом пользователю не требуется никаких особых знаний об инфраструктуре "облака" или навыков управления этой "облачной" технологией.
- На сегодняшний день "китами" индустрии облачных вычислений считаются компании Google, Amazon, Microsoft, IBM, Sun, Ubuntu и другие.

GRID или CLOUD?

- Скорее всего будущее за комбинированным решением: ГРИД состоящий из облаков, где отдельный компьютерный центр входящий в ГРИД структуру может быть технически реализован в виде облака
- В настоящее время ведутся работы по созданию не коммерческих облаков на базе компьютерных ресурсов ЦЕРНа и других центров и адаптации заданий симуляции, реконструкции и физического анализа на коммерческих и не коммерческих облаках

Из выступления генерального директора ЦЕРН

Global Effort → Global Success

Results today only possible due to
extraordinary performance of
accelerators – experiments – Grid computing

Observation of a new particle consistent with
a Higgs Boson
(but which one...?)

Historic Milestone but only the beginning

Global Implications for the future

R-D Heuer



Заключение

- ГРИД стал реальностью
- WLCG инфраструктура – в настоящий момент самая большая существующая ГРИД инфраструктура. Она была создана для вычислений и хранения данных экспериментов БАК (Большого Адронного коллайдера). Эта инфраструктура объединяет более 150 компьютерных центров в разных уголках планеты и используется учеными 500 институтов
- Опыт использования инфраструктуры после запуска ускорителя доказал правильность технического решения имплементации компьютерной системы БАК в виде распределенной ГРИД системы
- В настоящее время рассматриваются новые технические решения, как например интеграция ГРИДа и облачных вычислений