

ГЕТЕРОГЕННЫЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КЛАСТЕР HYBRID: СТРУКТУРА И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Г. Адам^{1,2}, Д.В. Беляков¹, Л. Вальова^{1,3}, М. Валя^{1,4}, П.В. Зрелов¹,
В.В. Кореньков¹, М.А. Матвеев¹, Д.В. Подгайный¹, О.И. Стрельцова¹

¹ Объединённый институт ядерных исследований,
Лаборатория информационных технологий, Россия

² IFIN-HH, Бухарест, Румыния

³ Технический университет Кошице, Словакия

⁴ Институт экспериментальной физики САН в Кошице, Словакия

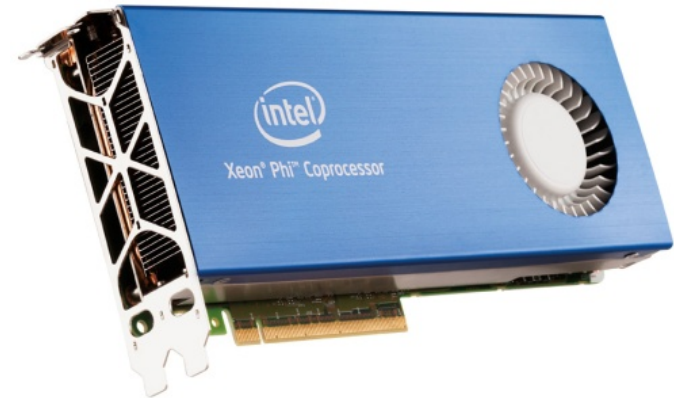
NVIDIA Tesla



Характеристики	K20X
Количество CUDA ядер	2688
Макс. пропускная способность памяти	250 GB/s
Макс. расч. мощность	235 W
Макс. объем памяти	6 GB
Пиковая производительность для вычислений одинарной точности с плавающей точкой	3.95 Tflops
Пиковая производительность для вычислений двойной точности с плавающей точкой	1.31 Tflops

Характеристики	K40(Atlas)
Количество CUDA ядер	2880
Макс. пропускная способность памяти	288 GB/s
Макс. расч. мощность	245 W
Макс. объем памяти	12 GB
Пиковая производительность для вычислений одинарной точности с плавающей точкой	4.29 Tflops
Пиковая производительность для вычислений двойной точности с плавающей точкой	1.43 Tflops

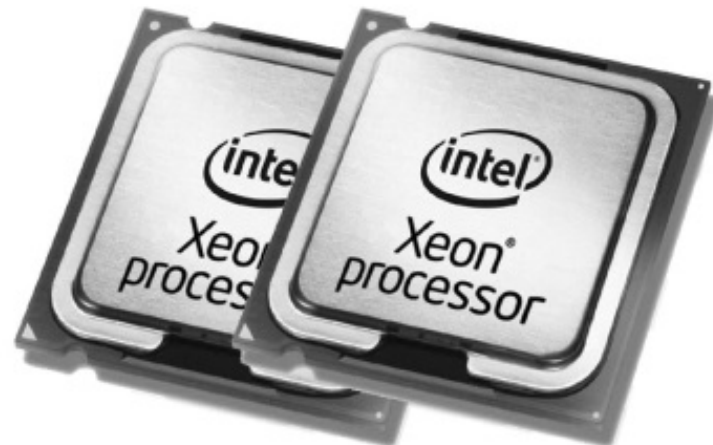
Intel Xeon Phi coprocessors



Характеристики	5110P
Количество ядер	60
Тактовая частота	1.053 GHz
Макс. расч. мощность	225 W
Макс. объем памяти	8 GB
Макс. пропускная способность памяти	320 GB/s
Пиковая производительность для вычислений одинарной точности с плавающей точкой	2.022 Tflops
Пиковая производительность для вычислений двойной точности с плавающей точкой	1.011 Tflops

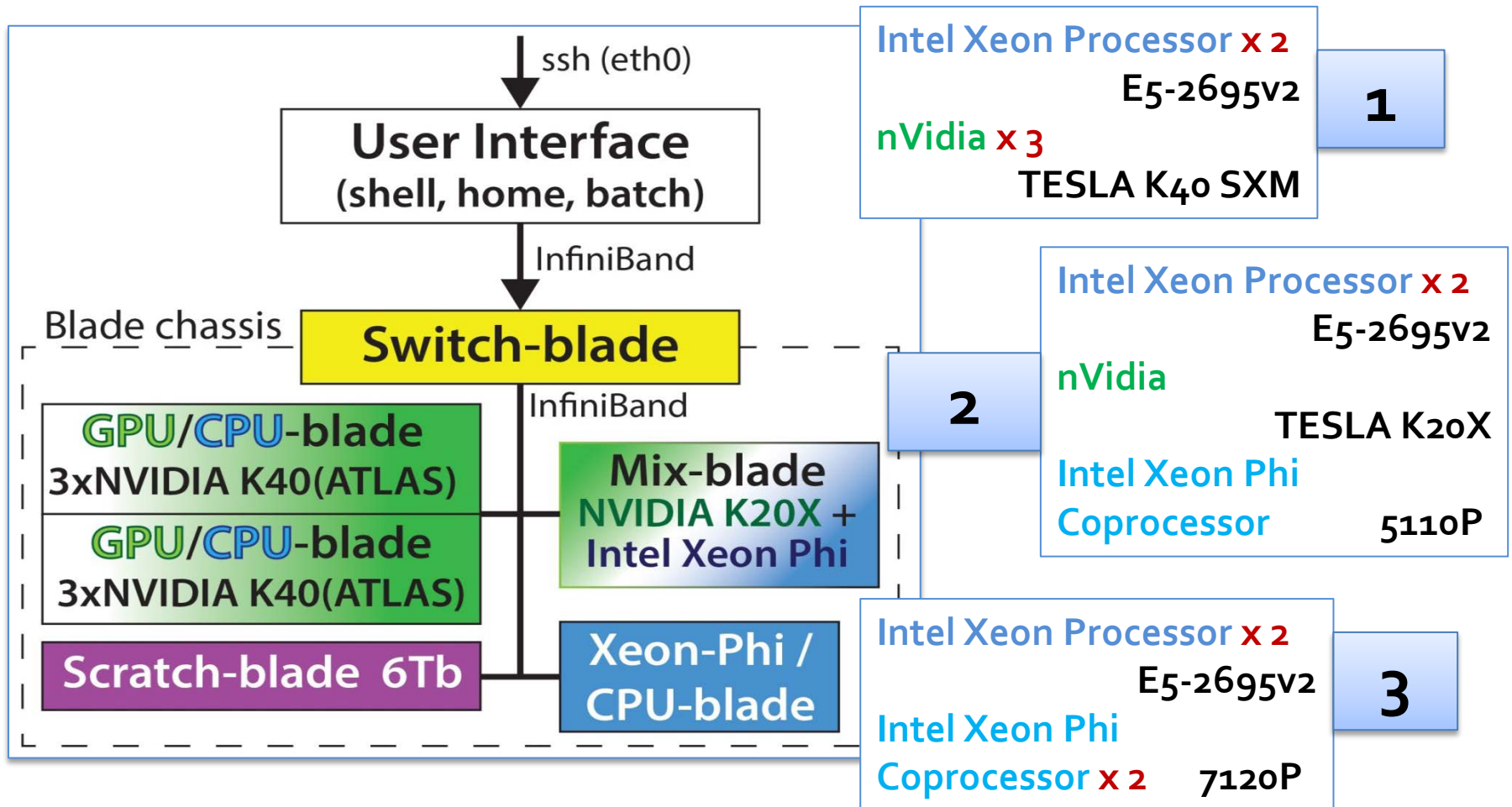
Характеристики	7120P
Количество ядер	61
Тактовая частота	1.238 GHz
Макс. расч. мощность	300 W
Макс. объем памяти	16 GB
Макс. пропускная способность памяти	352 GB/s
Пиковая производительность для вычислений одинарной точности с плавающей точкой	2.416 Tflops
Пиковая производительность для вычислений двойной точности с плавающей точкой	1.208 Tflops

Intel processor



Характеристики	E5-2695 v2
Количество ядер	12
Тактовая частота	2.4 GHz
Макс. расч. мощность	115 W
Пиковая производительность для вычислений одинарной точности с плавающей точкой	0.46 Tflops
Пиковая производительность для вычислений двойной точности с плавающей точкой	0.23 Tflops

Гетерогенный вычислительный кластер **HybriLIT**



Производительность и потребление

❑ Вычислительные ресурсы:

CPU 96 ядер

GPU 19968 ядер

PHI 182 ядра

RAM 512 Гб

EOS storage 14 Тб

Ethernet

InfiniBand 40 Гб/с

❑ Производительность вычислений с плавающей точкой:

одинарная точность 46,914 Tflops

двойная точность 17,979 Tflops

❑ Максимальная потребляемая мощность: 10 кВт



ПО и Сервисы

CUDA 5.5, CUDA 6.0

OpenMPI 1.6.5, 1.8.1

OpenMP GCC, ICC

Intel Cluster Studio 2013

Сервисы для пользователей

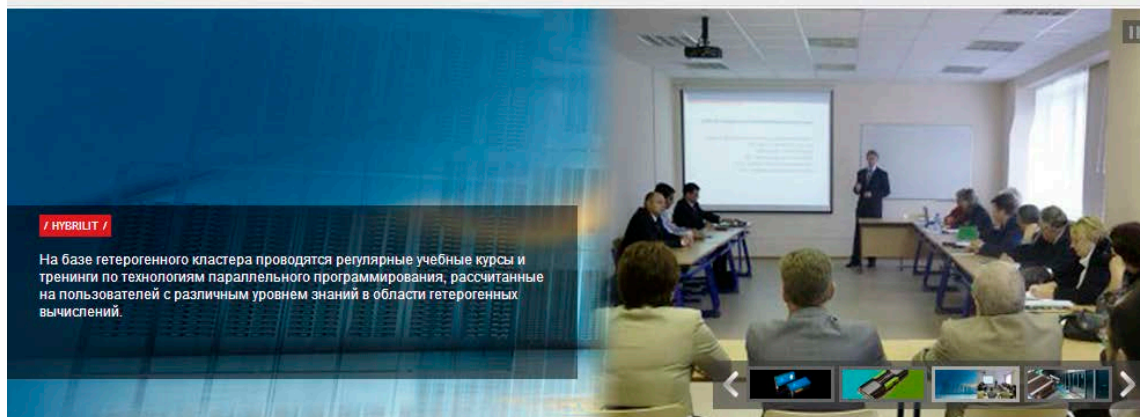
Веб-сайт: hybrilit.jinr.ru



Гетерогенный кластер | ЛИТ/ОИЯИ

[О нас](#) | [Ресурсы](#) | [Пользователям](#) | [Поддержка](#)

[ENG](#) | [РУС](#)



/ HYBRILIT /

На базе гетерогенного кластера проводятся регулярные учебные курсы и тренинги по технологиям параллельного программирования, рассчитанные на пользователей с различным уровнем знаний в области гетерогенных вычислений.

Гетерогенный кластер "HybriLIT"

Гетерогенный кластер "HybriLIT" является вычислительной компонентой Многофункционального центра хранения, обработки и анализа данных Лаборатории информационных технологий ОИЯИ и предназначен для проведения расчетов с использованием технологий параллельного программирования. Гетерогенная структура вычислительных узлов позволяет разрабатывать параллельные приложения для решения широкого круга математических ресурсоемких задач с использованием всех возможностей многоядерной компоненты и ускорителей вычислений: графических процессоров Nvidia и сопроцессоров Intel Xeon Phi.

Аппаратные средства



Кластер включает вычислительные узлы с графическими процессорами NVIDIA Tesla K40 и NVIDIA Tesla K20x, сопроцессорами Intel Xeon Phi 7120P и Intel Xeon Phi 5110P.

Программное обеспечение



На кластере установлено программное обеспечение для отладки и разработки параллельных приложений Intel Cluster Studio, MPI, OpenMP, CUDA...

Обучение



На базе гетерогенного кластера HybriLIT проводятся учебные курсы по технологиям параллельного программирования. Учебные материалы размещены на сайте <http://indico-hybrilit.jinr.ru>

Сервисы для пользователей

Сервис для управления аккаунтом Free IPA

IDENTITY MANAGEMENT Logged In As: Mikhail Matveev | Logout

Identity

Пользователи

ПОЛЬЗОВАТЕЛИ

[ОБНОВИТЬ](#)

<input type="checkbox"/>	User login	Имя	Фамилия	Status	UID	Электронный адрес	Телефонный номер	Должность
<input type="checkbox"/>	admin		Administrator	✓ Включено	10000			
<input type="checkbox"/>	aleksand	Evgeny	Aleksandrov	✓ Включено	10015	aleksand@jnr.ru		
<input type="checkbox"/>	amoshkin	Andrey	Moshkin	✓ Включено	10014	andrey_moshkin@mail.ru		
<input type="checkbox"/>	atarkhov	Andrey	Tarkhov	✓ Включено	10011	tarkhov.andrey@gmail.com		
<input type="checkbox"/>	ayriyan	Alexander	Ayriyan	✓ Включено	10017	ayriyan@jnr.ru		
<input type="checkbox"/>	dgolub	Dmitry	Golub	✓ Включено	10021	abv@jnr.ru		
<input type="checkbox"/>	hluser001	Oksana	Streitsova	✓ Включено	10023	oksana@hybrilit.jnr.ru		
<input type="checkbox"/>	hluser002	Maksim	Zuev	✓ Включено	10024	zuev@hybrilit.jnr.ru		
<input type="checkbox"/>	hluser003	Misha	Matveev	✓ Включено	10025	matveev@hybrilit.jnr.ru		
<input type="checkbox"/>	hluser004	Tutorial	User	✓ Включено	10026	hluser004@hybrilit.jnr.ru		
<input type="checkbox"/>	hluser005	Tutorial	User	✓ Включено	10027	hluser005@hybrilit.jnr.ru		
<input type="checkbox"/>	hluser006	Tutorial	User	✓ Включено	10028	hluser006@hybrilit.jnr.ru		
<input type="checkbox"/>	hluser007	Tutorial	User	✓ Включено	10029	hluser007@hybrilit.jnr.ru		
<input type="checkbox"/>	hluser008	Tutorial	User	✓ Включено	10030	hluser008@hybrilit.jnr.ru		
<input type="checkbox"/>	hluser009	Tutorial	User	✓ Включено	10031	hluser009@hybrilit.jnr.ru		
<input type="checkbox"/>	hluser010	Tutorial	User	✓ Включено	10032	hluser010@hybrilit.jnr.ru		
<input type="checkbox"/>	hluser011	Tutorial	User	✓ Включено	10033	hluser011@hybrilit.jnr.ru		
<input type="checkbox"/>	hluser012	Tutorial	User	✓ Включено	10034	hluser012@hybrilit.jnr.ru		
<input type="checkbox"/>	hluser013	Tutorial	User	✓ Включено	10035	hluser013@hybrilit.jnr.ru		
<input type="checkbox"/>	hluser014	Tutorial	User	✓ Включено	10036	hluser014@hybrilit.jnr.ru		

IDENTITY MANAGEMENT Logged In As: Mikhail Matveev | Logout

Identity

Пользователи

Пользователи > matma

✓ **ПОЛЬЗОВАТЕЛЬ: matma** -- select action -- Apply

matma is a member of:

- Settings
- Группы пользователей (2)
- Netgroups
- Полн
- НВАС Rules
- Sudo Rules

[ОБНОВИТЬ](#) [Сбросить](#) [Обновить](#) [Свернуть все](#)

IDENTITY SETTINGS

Должность:

Имя:

Фамилия:

Полное имя:

Отображаемое имя:

Инициалы:

Сервисы для пользователей

Indico сервис для организации совещаний и презентаций

The screenshot shows the Indico website interface. At the top, there is a navigation bar with the Indico logo (Integrated Digital Conference) and options for UTC, English, and Login. Below the navigation bar, the main content area is titled "Main categories" and includes a welcome message: "Welcome to Indico. The Indico tool allows you to manage complex conferences, workshops and meetings. In order to start browsing, please select one of the categories below." A table lists three categories: Tutorials (1 event), Meetings (empty), and Lectures (3 events). To the right, there is a "News" section with a headline "HYBRILIT indico is up and running" posted on 7/8/2014. At the bottom, a breadcrumb trail shows "Home > Lectures > 2014", and a calendar view displays events for September and August 2014.

Category	Count	Action
Tutorials	1 event	→
Meetings	empty	→
Lectures	3 events	→

2014

September 2014

- 05 Sep Parallel programming technologies on hybrid architectures II
- 01 Sep Parallel programming technologies on hybrid architectures

August 2014

- 27 Aug Practical course for "Modern Problems of Applied Mathematics and Computer Science" conference

Сервисы для разработчиков

Разработка документации **Publican**



MADE WITH
Publican

Hybrilit User guide

Next →

Documentation 0.1

Hybrilit User guide

Enter a short description here.

Edition 0.1



Система контроля версий **GIT**

[git://hggit.jinr.ru/](http://hggit.jinr.ru/)



re

[List all projects](#)

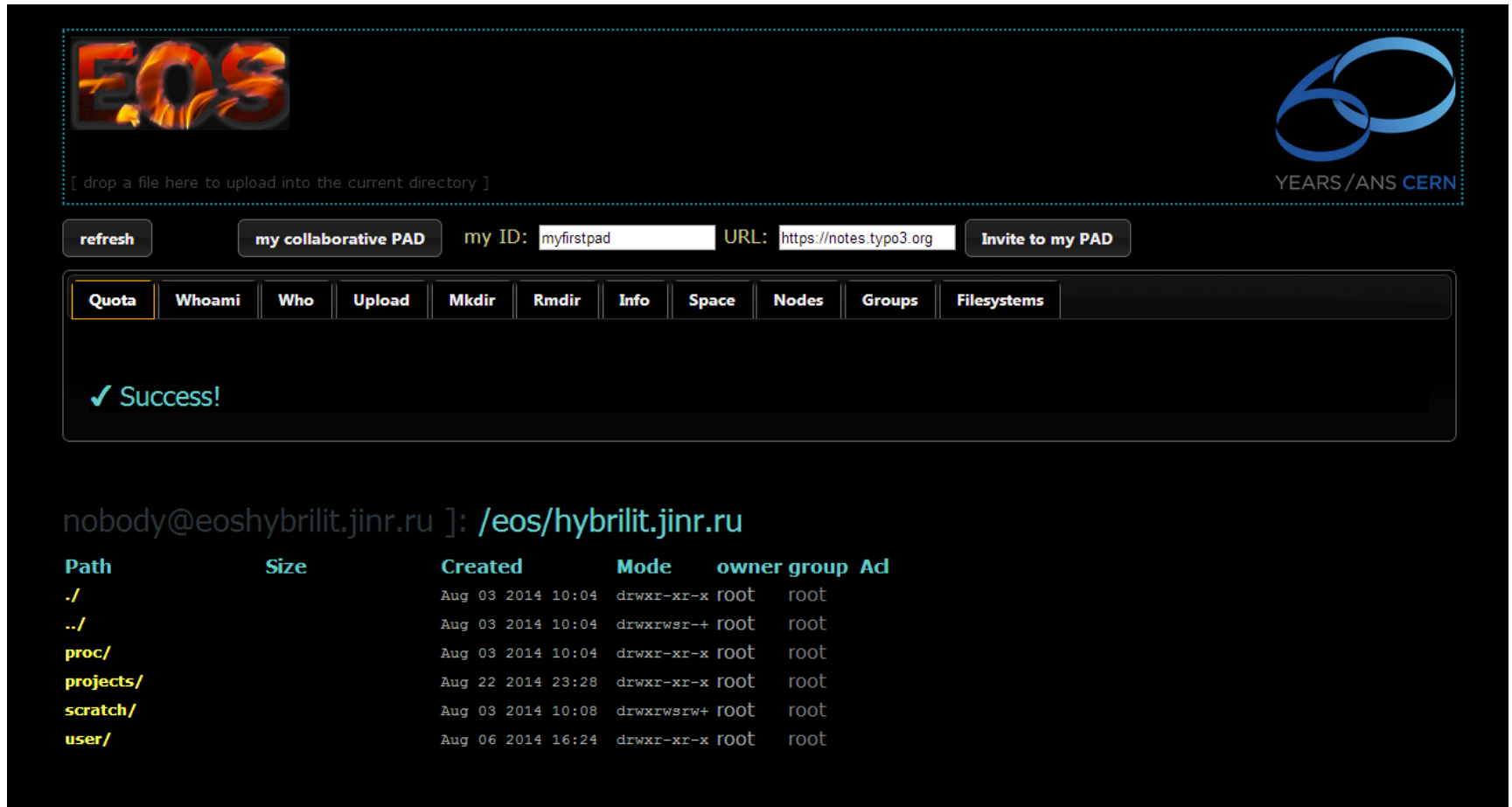
Project	Description	Owner	Last Change
hybrilit/hl-admin.git	Hybrilit admin project		2 weeks ago summary shortlog log tree
hybrilit/hl-user-tut.git	Hybrilit tutorial project		3 days ago summary shortlog log tree
hybrilit/hl-user.git	Hybrilit user project		47 hours ago summary shortlog log tree
hybrilit/hl-web-simple.git	Hybrilit web simple example		11 days ago summary shortlog log tree
hybrilit/hl-web.git	Hybrilit web project		No commits summary shortlog log tree
testing.git	GIT testing		No commits summary shortlog log tree

[TXT](#) | [OPML](#)

<http://hggit.jinr.ru/>

Сервисы для разработчиков

Файловая система EOS



The screenshot shows the EOS web interface. At the top left is the EOS logo. To the right is the CERN logo with the text "YEARS/ANS CERN". Below the logo is a dashed box containing the text "[drop a file here to upload into the current directory]". Below this is a navigation bar with buttons for "refresh", "my collaborative PAD", "my ID: myfirstpad", "URL: https://notes.typo3.org", and "Invite to my PAD". Below the navigation bar is a menu with buttons for "Quota", "Whoami", "Who", "Upload", "Mkdir", "Rmdir", "Info", "Space", "Nodes", "Groups", and "Filesystems". Below the menu is a success message: "✓ Success!". Below the success message is a terminal window showing the command "nobody@eoshybrilit.jinr.ru]: /eos/hybrilit.jinr.ru" and the output of the "ls" command:

Path	Size	Created	Mode	owner	group	Ad
./		Aug 03 2014 10:04	drwxr-xr-x	root	root	
../		Aug 03 2014 10:04	drwxrwsr+	root	root	
proc/		Aug 03 2014 10:04	drwxr-xr-x	root	root	
projects/		Aug 22 2014 23:28	drwxr-xr-x	root	root	
scratch/		Aug 03 2014 10:08	drwxrwsr+	root	root	
user/		Aug 06 2014 16:24	drwxr-xr-x	root	root	

Сервисы для разработчиков

Project Manager

Домашняя страница | Мои страницы | Проекты | Помощь

HybrLIT user support

Обзор | Действия | Задачи | Новая задача | Диаграмма Ганта | Календарь | Новости | Документы | Wiki | Файлы | Настройки

Действия

С 26.07.2014 по 24.08.2014

23.08.2014

- 00:56 Support #847: перенос данных на Hydra
Мартин Валя писал(а):
> Yes you can, you go to cldvm123.jinr.ru and login there and change gid, gid is primary group...
Anton Trunin
- 23:20 Support #847: перенос данных на Hydra
Yes you can, you go to cldvm123.jinr.ru and login there and change gid, gid is primary group, after that you don't ha...
Мартин Валя
- 11:45 Support #847: перенос данных на Hydra
OK, I didn't know it, thanks.
Here is the output now!...
Anton Trunin
- 09:02 Support #847: перенос данных на Hydra
I will fix it, so quota command will executable eos quota automatically, thanks for this catch
Мартин Валя
- 09:01 Support #847: перенос данных на Hydra
to find quota you have to use
eos quota
Мартин Валя

22.08.2014

- 02:30 Support #847: перенос данных на Hydra
The "newgrp" command was really helpful, thanks. I have to apply it after each login, but then I have the access to /...
Anton Trunin
- 00:33 Support #847: перенос данных на Hydra
can you show me output of...
Мартин Валя
- 23:53 Support #847: перенос данных на Hydra
Мартин Валя писал(а):
> Following directory was created with quota STB
>
> [...]
>
> There is write access for...
Anton Trunin
- 23:44 Support #847 (Resolved): перенос данных на Hydra
Following directory was created with quota STB...
Мартин Валя
- 22:17 Support #847: перенос данных на Hydra
Мартин Валя писал(а):
> Can you write again group name, simply same thing what you wrote in mail, so we can track yo...
Anton Trunin
- 22:14 Support #847: перенос данных на Hydra

Домашняя страница | Мои страницы | Проекты | Помощь

Войти как: matveevma@jinr.ru | Мои учётные записи | Выйти

HybrLIT user support

Поиск:

Обзор | Действия | Задачи | Новая задача | Диаграмма Ганта | Календарь | Новости | Документы | Wiki | Файлы | Настройки

Обзор

- helpdesk-sender-email: hybrilit@jinr.ru

Задачи

- Bug: 0 открыто / 0
- Support: 1 открыта / 1
- Ошибки: 0 открыто / 0
- Улучшение: 0 открыто / 0
- Поддержка: 0 открыто / 0

[Просмотреть все задачи](#) | [Календарь](#) | [Диаграмма Ганта](#)

Участники

Manager: Oksana Streltsova, Дмитрий Подгайный, Мартин Валя, Петр Зрелов
Developer: Дмитрий Беляков, Михаил Матвеев
Reporter: Anton Trunin

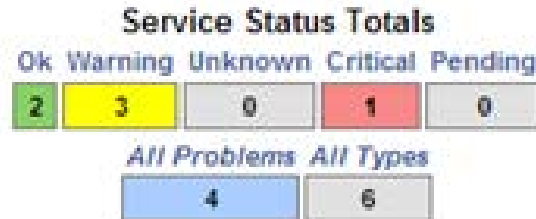
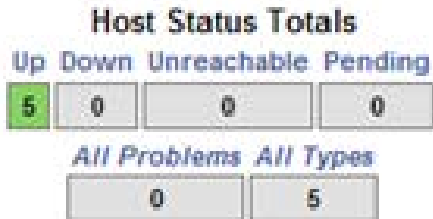
Затраченное время

0.00 час

[Затраченное время](#) | [Подробности](#) | [Отчёт](#)

Сервисы для разработчиков

Nagios для мониторинга



Service Overview For Service Group 'programmers_ITO'

programmers_ITO (programmers_ITO)

Host	Status	Services	Actions
192.168.36.230	UP	2 OK	   
192.168.36.231	UP	2 OK	   
192.168.36.232	UP	2 OK	   
192.168.36.234	UP	2 OK	   
192.168.36.235	UP	2 OK	   

Сервисы для пользователей

User Interface для запуска задач (только ssh): hydra.jinr.ru

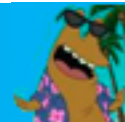
```
[matma@hydra ~]$ hostname
hydra.jinr.ru
[matma@hydra ~]$ module avail

----- /usr/share/Modules/modulefiles -----
dot                module-info      mpich2-x86_64    openmpi/1.6.5   use.own
module-cvs         modules          null             openmpi/1.8.1

----- /etc/modulefiles -----
compat-openmpi-psm-x86_64 intel-2013.1.046          mvapich-x86_64
compat-openmpi-x86_64      jdk-1.7.0_60-x86_64      mvapich2-psm-x86_64
cuda-5.5-x86_64           jdk-1.8.0_05-x86_64      mvapich2-x86_64
cuda-6.0-x86_64           mvapich-psm-x86_64

[matma@hydra ~]$ module add intel-2013.1.046 openmpi/1.8.1 cuda-6.0-x86_64
[matma@hydra ~]$ mpicc iccexample.c -o iccexample
[matma@hydra ~]$ mpirun -np 2 iccexample
C: Hello world from process 0 of 2
C: Hello world from process 1 of 2
```

SLURM: Управление очередью задач



```
[matma@hydra instrtest]$ sbatch -p gpu test.sh
```

```
Submitted batch job 2475
```

```
[matma@hydra instrtest]$ cat slurm-2475.out
```

```
blade04.hydra.local
```

```
Tue Aug 26 05:24:56 EDT 2014
```

```
There are 3 CUDA devices.
```

```
CUDA Device number: 0
```

```
Name: Tesla K40s
```

```
Total global memory: 11519.562500 Mb
```

```
Total constant memory: 65536
```

```
Maximum threads per block: 1024
```

```
=====
```

```
CUDA Device number: 1
```

```
Name: Tesla K40s
```

```
Total global memory: 11519.562500 Mb
```

```
Total constant memory: 65536
```

```
Maximum threads per block: 1024
```

```
=====
```

```
CUDA Device number: 2
```

```
Name: Tesla K40s
```

```
Total global memory: 11519.562500 Mb
```

```
Total constant memory: 65536
```

```
Maximum threads per block: 1024
```

```
[matma@hydra instrtest]$ srun -p gpu test_CUDA_deviceInfo
```

```
There are 3 CUDA devices.
```

```
CUDA Device number: 0
```

```
Name: Tesla K40s
```

```
Total global memory: 11519.562500 Mb
```

```
Total constant memory: 65536
```

```
Maximum threads per block: 1024
```

```
=====
```

```
CUDA Device number: 1
```

```
Name: Tesla K40s
```

```
Total global memory: 11519.562500 Mb
```

```
Total constant memory: 65536
```

```
Maximum threads per block: 1024
```

```
=====
```

```
CUDA Device number: 2
```

```
Name: Tesla K40s
```

```
Total global memory: 11519.562500 Mb
```

```
Total constant memory: 65536
```

```
Maximum threads per block: 1024
```


Заключение

- ❑ Создана информационно-аналитическая среда для разработки приложений с использованием технологий параллельного программирования и проведения массивных вычислений.
- ❑ **Приглашаем стать пользователями нашего кластера!**

Спасибо за внимание!