

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГРИД ТЕХНОЛОГИЙ В РАСЧЕТАХ ВЫСОТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Я.О. Слободян, Н.И. Ильин, А.В. Мельничук, В.П. Максименко

Национальный университет «Киево-Могилянская академия»,
Киев, 04655, ул. Г. Сковороды, 2, тел. +380 (44) 425 7753,
{slobodyan,ilin,melnyczuk}@grid.ukma.kiev.ua

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»,
Киев, 03056, проспект Победы, 37, тел. +380 (44) 454 9875,
Научно-исследовательский институт строительного производства,
Киев, 03680, проспект Красноезвездный, 51, тел. +380 (44) 248 8889

Сформулировано новое направление исследований в области грид технологий для задач моделирования, анализа и прогноза поведения уникальных строительных объектов. Описана реализация грид приложения ПК ЛИРА Grid для анализа прочности строительных объектов и опыт их применения в ARC и gLite сегментах Украинского академического грид. Проанализированы результаты использования Украинского академического грид для проектирования высотных зданий города Киева на основе грид приложения ПК ЛИРА Grid.

This paper describes new approach in grid technologies applications of buildings structure analysis. Current results of Ukrainian Academic grid usage for buildings analysis for Kyiv have been covered. Proposed approach has been illustrated by example of LIRA Grid application in ARC and gLite segments of UAG.

Введение

Задача моделирования поведения сооружений возникает при проектировании [1], возведении, реконструкции и исследовании прочности строений. Особого внимания требует анализ уникальных строительных объектов [2], таких как высотные здания, защитные оболочки АЭС, крупные мосты, выдвигающий повышенные требования к адекватности проводимого анализа.

В процессе статического и динамического моделирования жизненного цикла сооружений решается комплекс задач: оценка полей нагрузок на элементы строения и прогноз его поведения; поиск слабых мест и выработка рекомендаций по усилению конструкций. Хотя модель строения считается заданной, внесение изменений в структуру на этапе анализа приводит к необходимости многократного повторения этапа моделирования. Задача анализа прочности усложняется при рассмотрении различных видов нагрузки на строение – динамических ветровых (высотные здания), паводки и землетрясения (мосты), взрывные ударные волны, деформации защитных оболочек (АЭС) и другие природные и техногенные явления.

В работе впервые проиллюстрирована эффективность применения современных грид технологий и грид приложения ПК ЛИРА Grid в области проектирования особо сложных строительных объектов в Украине.

Кластерные технологии. Реализация приложения ПК ЛИРА Cluster

Описание параллельных алгоритмов и программ и их реализация в кластерной системе Инпарком-256 в виде приложения ПК ЛИРА Cluster приведено в [6, 3, 4].

Результаты тестовых испытаний показали высокую эффективность созданного параллельного программного обеспечения за счет параллельного решения системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ).

Например, на современном персональном компьютере с использованием ПК ЛИРА [5] без параллельного решателя решение СЛАУ порядка пяти миллионов неизвестных занимает около 115 часов. При использовании параллельной реализации алгоритма решения СЛАУ [3] с помощью ПК ЛИРА Cluster в системе Инпарком-256 время составляет около 4 часов [4].

Грид технологии. Реализация приложения ПК ЛИРА Grid

Следующим этапом в существенном повышении эффективности и гибкости вычислительной инфраструктуры является переход к современным грид технологиям. Демонстрацией реализации предлагаемого подхода является ПК ЛИРА Grid на базе Украинского академического грид (УАГ). Некоммерческая основа УАГ позволила использовать ПК ЛИРА Grid в режиме тестовых испытаний в рамках учебных курсов по параллельному программированию и грид технологиям в Национальном университете «Киево-Могилянская академия».

Рассмотрим более детально реализацию грид приложения ПК ЛИРА Grid .

На основе параллельной реализации ПК ЛИРА Cluster было создано грид приложение ПК ЛИРА Grid с использованием современной грид инфраструктуры. Приложение поддерживается на ресурсах виртуальной организации (ВО) Украинского академического грид Academia (рис. 1). ВО Academia поддерживается Национальным университетом «Киево-Могилянская академия» объединяет ТОП кластеры Украины: НТУ Украины «КПИ»; Институт кибернетики НАН Украины; ГНП «Электронмаш».

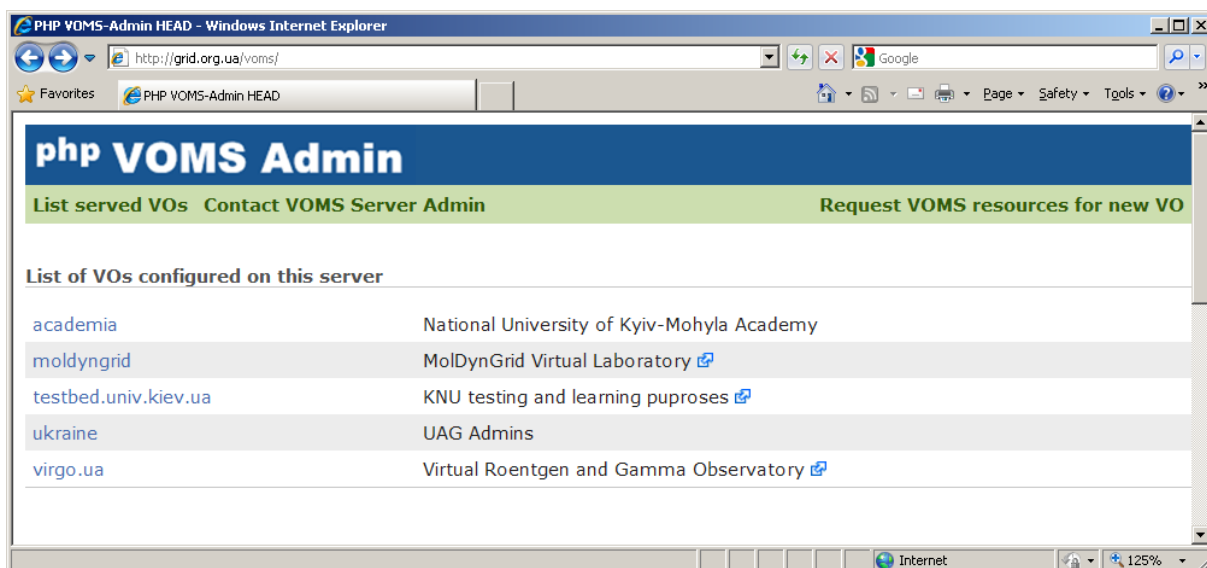


Рис. 1. Приложения моделирования строительных конструкций поддерживаются в рамках виртуальной организация Academia Национального университета «Киево-Могилянская академия»

Описание задачи в терминах RSL для ARC сегмента УАГ:

lira.xrsl

```
&(jobname="Lira 9.4 Grid")
  (executable="job.sh")
  (inputFiles="grid/job.tgz" "")
  (outputFiles="result.tgz" "")
  (stdout="stdout.txt")
  (stderr="stderr.txt")
  (gmlog="gmlog")
  (count = 128)
```

job.sh

```
#!/bin/sh

# Lira solver path, NorduGrid Grid Runtime Environment
#LIRA=/export/home/grid/Lira/SparseSolver
# MPI settings, NorduGrid Grid Runtime Environment or per cluster
#MPIRUN=/opt/SUNWhpc/HPC8.1/sun/bin/mpirun
MPIRUN=mpirun
echo " * Grid Lira started `date`"
echo
echo " * Solver ${LIRA}"
echo
# Decompressing job
gzip -dc grid/job.tgz | tar -x
echo " * Input files:"
echo
ls -lasR
echo
echo " * Executing..."
echo
${MPIRUN} ${LIRA} `pwd`/task
# Compressing result
tar -c task.sif task.ssp task.ssv | gzip > result.tgz
echo
```

```
echo " * Output files:"
echo
ls -lasR
echo
echo " * Grid Lira completed `date`"
```

Пример запуска задачи в УАГ показан на рис. 2.

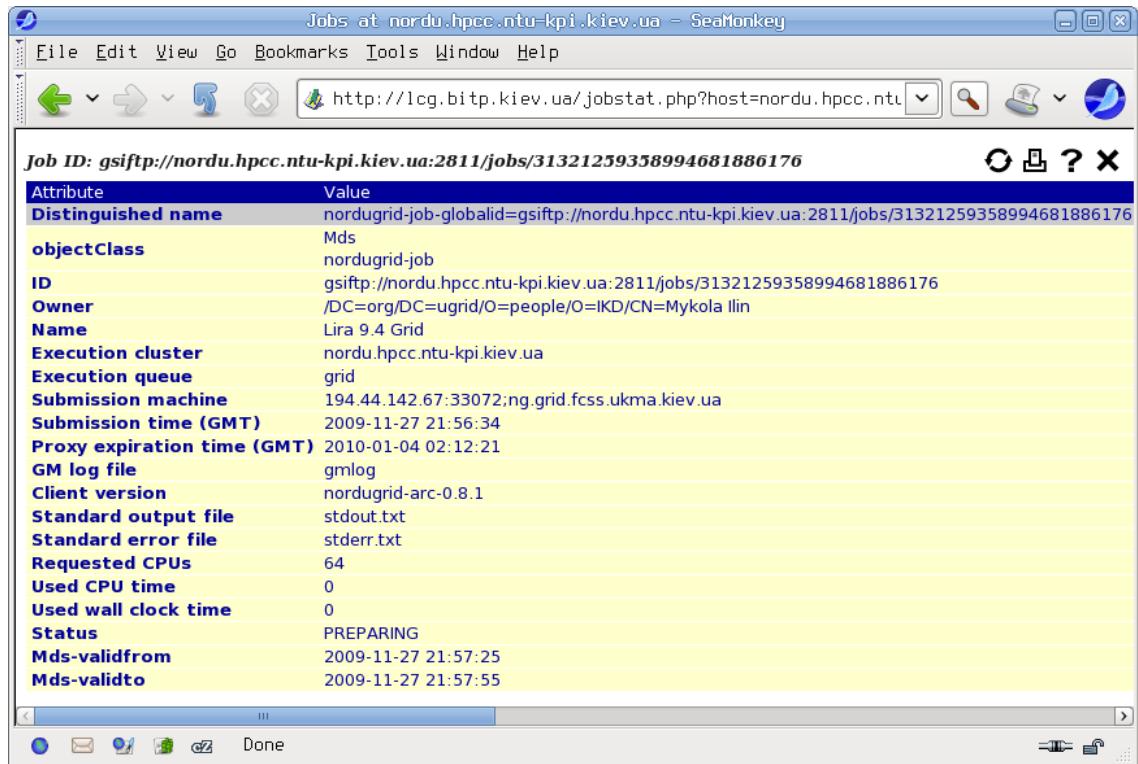


Рис. 2. Пример запуска ПК ЛИРА Grid в УАГ. Задачу принято на кластере КПИ

В рамках государственной программы по развитию грид технологий Украины [6] планируется переход инфраструктуры Украинского академического грид на middleware gLite. Начаты работы по созданию сегмента gLite УАГ [7]. Национальный университет “Киево-Могилянская академия” один из первых включился в разработку новой инфраструктуры, в том числе и в качестве поставщика приложений. В сегменте доступны ресурсы Института теоретической физики НАН Украины, Национального университета «Киево-Могилянская академия», Института прикладной физики НАН Украины (Сумы), задекларировано участие Харьковского физико-технического института НАН Украины, Института космических исследований НАН Украины-НКА Украины, Ужгородского национального университета. Статус ресурсов в системе мониторинга gLite сегмента показан на рис. 3.

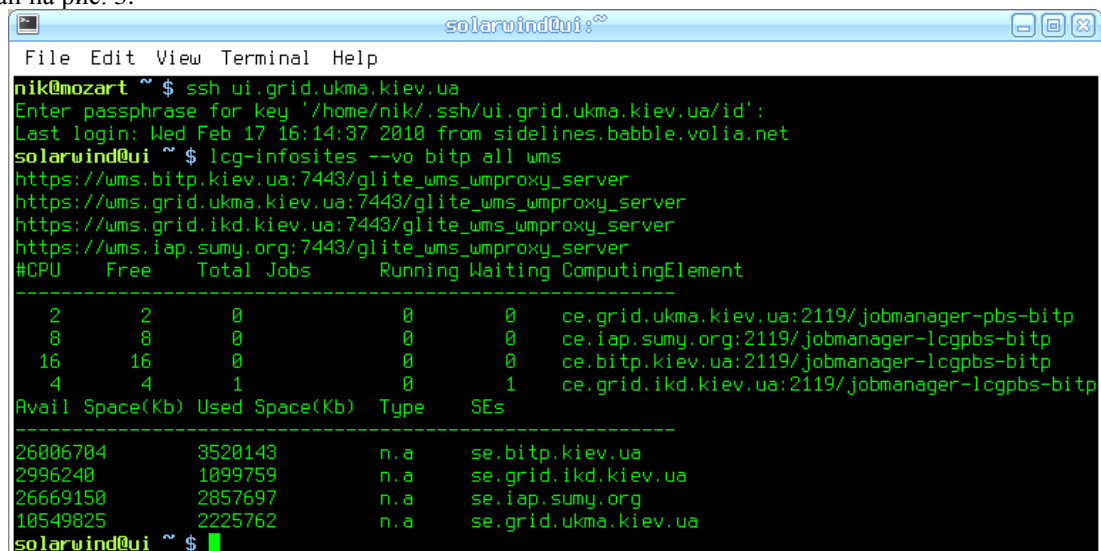


Рис. 3. Доступные ресурсы gLite сегмента УАГ

Рассмотрим описание задачи в терминах JDL для gLite сегмента УАГ:

lira.jdl

```
JobType          = "MPICH";
JobName          = "Lira 9.4 Grid";
CPUNumber       = 16;
Executable      = "mpi-start-wrapper.sh";
Arguments       = "SparseSolver OPENMPI";
StdOutput       = "stdout.txt";
StdError        = "stderr.txt";
InputSandbox    = {"mpi-start-wrapper.sh", "mpi-
hooks.sh", "SparseSolver", "grid/job.tgz"};
OutputSandbox   = {"stderr.txt", "stdout.txt", "result.tgz"};
Requirements =
    Member("MPI-START", other.GlueHostApplicationSoftwareRunTimeEnvironment)
    && Member("OPENMPI-1.2.8-GCC",
other.GlueHostApplicationSoftwareRunTimeEnvironment)
    ;
ShallowRetryCount = 1;
```

mpi-hooks.sh

```
#!/bin/sh

pre_run_hook () {
    echo "===== Executing pre hook."
    export I2G_MPI_APPLICATION_ARGS="task"

    # Unpack input data
    tar -xzf job.tgz
    ls -lasR
    echo "===== Finished the pre hook."
    return 0
}

post_run_hook () {
    echo "===== Executing post hook."
    # Packing output data
    tar -czf result.tgz task.sif task.ssp task.ssv
    ls -lasR
    echo "===== Finished the post hook."
    return 0
}
```

В рамках тестирования приложения ПК ЛИРА Grid исследован проект офисно-торгового центра со встроенным помещением общественного питания и многоэтажным паркингом (Киев). Конструктивная схема – 45-ти этажный монолитный каркас с ядрами жесткости и несущими пилонами. Неразрезная фундаментная монолитная плита размером 104x42x2.5 м на буронабивных сваях с несущей способностью 4500 кН. Плиты перекрытия – монолитные толщиной 22 см.

Параллельные статические и динамические расчеты выполнены в соответствии с требованиями [1].

На рис. 4 в графическом виде показан фрагмент результатов работы грид приложения ПК ЛИРА Grid – расчетная конечно-элементная 3D модель несущей системы высотного здания и напряженно-деформированное состояние элементов конструкций.

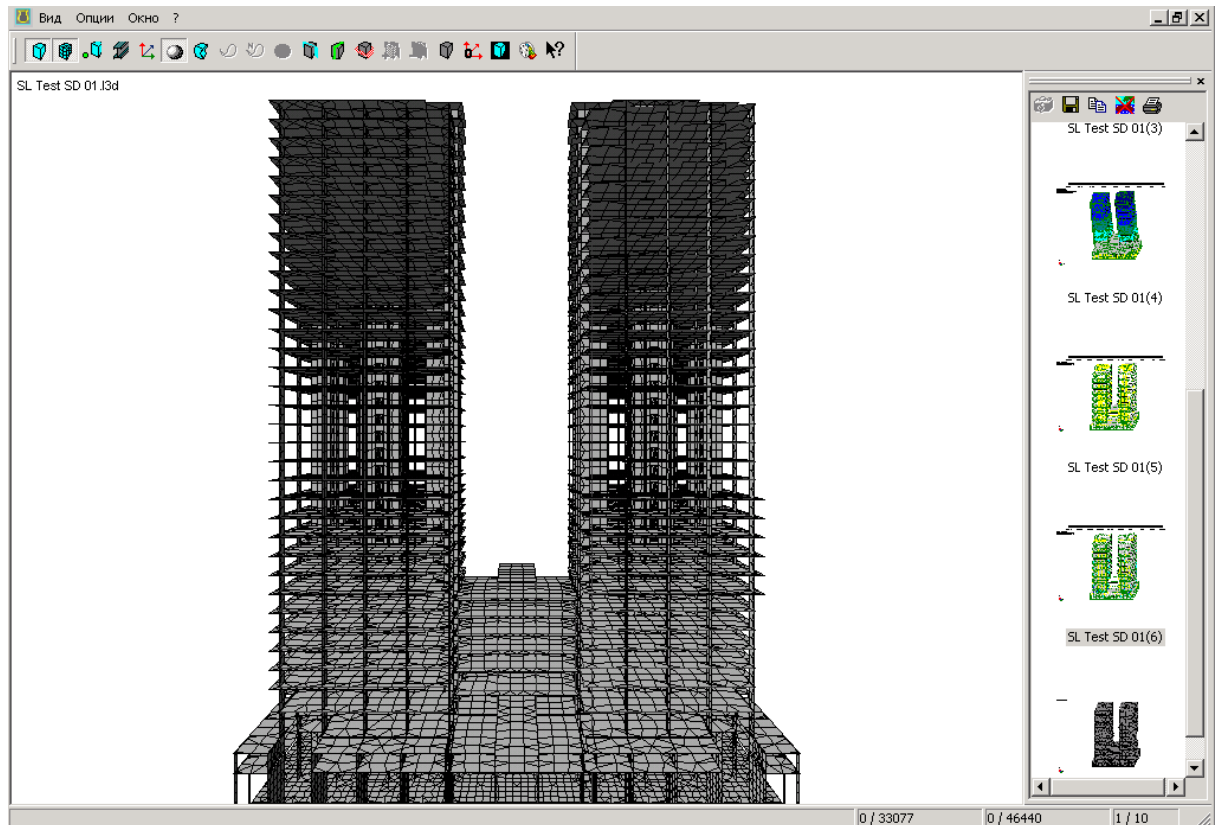


Рис. 4. 3D модель метода конечных элементов и результаты расчета 45-ти этажного офисного центра (Киев)

Выводы

Сформулировано новое направление с использованием современной грид инфраструктуры для организации высокопроизводительных вычислений в области исследования и проектирования особо сложных строительных объектов.

Продемонстрирована эффективность использования грид технологии в качестве вычислительной инфраструктуры на примере ПК ЛИРА Grid.

Предложенные технические решения могут быть использованы для моделирования жизненного цикла широкого класса строительных объектов, благодаря простоте реализации, гибкости и высокой эффективности.

Дальнейшие исследования связаны с реализацией современного порталного решения в рамках предложенной модели, интеграцией версий приложения для разных сегментов УАГ на базе предоставляемых средств ARC A-REX и gLite CREAM, унификацией интерфейса параллельной и грид версии приложений на базе WSDL.

1. *Городецький О.С., Слободян Я.О., Максименко В.П. та ін.* Державні будівельні норми. ДБН В2.2-24:2009 «Проектування висотних житлових і громадських будинків.
2. *Слободян Я.О.* Суперкомп'ютерна технологія моделювання життєвого циклу особливо складних технічних об'єктів // Кибернетика і системний аналіз. – 2009. – № 6. – С. 125–130.
3. *Химич А.Н., Молчанов И.Н., Мова В.И., Слободян Я.О. и др.* Численное программное обеспечение интеллектуального MIMD-компьютера Инпарком. – Киев: Наук. думка, 2007. – 216 с.
4. http://www.lira.com.ua/service/calcs_inparcom.php
5. <http://lira.com.ua>.
6. *Державна цільова науково-технічна програма впровадження і застосування грид-технологій на 2009–2013 роки.* Затверджено постановою КМУ № 1020, від 23 вересня 2009 р.
7. *Центр* поддержки пользователей УАГ, <http://grid.nas.gov.ua>.