

Использование кластера "Сергей Королёв" для моделирования компьютерных сетей

Д.Ю. Полукаров¹, А.П. Богдан¹

¹Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Московское шоссе 34А, Самара, Россия, 443086

Аннотация. В данной работе делается попытка создания программного обеспечения, позволяющего сочетать интерактивный режим работы и графический интерфейс пользователя в среде OMNeT++ с пакетным режимом работы высокопроизводительного кластера "Сергей Королёв". Разрабатывается архитектура такого решения. А также приводится пример использования данного подхода.

1. Введение

Кластер "Сергей Королёв" предполагает пакетный (а не интерактивный) режим работы [1] без графического интерфейса. И хотя на кластере всё-таки имеются некоторые возможности для интерактивной работы [2] и использования графического вывода [3], данные возможности сильно ограничены.

Для имитационного моделирования компьютерных сетей удобнее использовать интерактивный режим работы с графическим интерфейсом пользователя. Для этих целей следует создать программное обеспечение, которое могло бы взаимодействовать с пользователем через графические средства. Удобной оболочкой в данном случае может выступить система OMNeT++ [4]. Пользователь может использовать модели системы OMNeT++, а вычисления производить на кластере, используя пакетный режим. В дальнейшем результаты вычислений будут передаваться на локальный компьютер пользователя.

2. Связанные и сопутствующие работы

В работе [5] авторы пытаются анализировать набор моделей INET [6], который позволяет моделировать сети в OMNeT++ с точки зрения распараллеливания. Авторы обнаружили несколько проблем, препятствующих параллельному выполнению моделей INET. Они проанализировали эти проблемы и разработали решения, позволяющие параллельно запускать модели INET. Ситуационный анализ (case-study method) показывает целесообразность такого подхода. Хотя есть некоторые части модельного ряда, которые еще не исследованы, и производительность еще можно улучшить, результаты показывают ускорение распараллеливания для большинства конфигураций.

3. Запуск проекта на кластере

Для работы с MPI был выбран проект Tictoc1, состоящий из двух модулей. Эти модули следует назначить разным MPI-узлам, как показано на рисунке 1.

Далее проект в OMNeT++ собирается на локальной машине.

```
[General]
parallel-simulation = true
parsim-communications-class = "cMPIOCommunications"
parsim-synchronization-class = "cNullMessageProtocol"
# nothing here

[Config Tictoc1]
network = Tictoc1
*.tic.partition-id = 0
*.toc.partition-id = 1
```

Рисунок 1. Настройка проекта MPI.

Для проверки работоспособности из директории проекта через `mpirun` запускается следующая команда:

```
$ mpirun -np 2 ./tictoc -m -u Cmdenv -c Tictoc1 omnetpp.ini .
```

Результат работы команды должен выглядеть так:

```
OMNeT++ Discrete Event Simulation (C) 1992-2018 Andras Varga, OpenSim Ltd.
Version: 5.4.1, build: 180629-5e28390, edition: Academic Public License -- NOT FOR COMMERCIAL USE
See the license for distribution terms and warranty disclaimer

OMNeT++ Discrete Event Simulation (C) 1992-2018 Andras Varga, OpenSim Ltd.
Version: 5.4.1, build: 180629-5e28390, edition: Academic Public License -- NOT FOR COMMERCIAL USE
See the license for distribution terms and warranty disclaimer

Setting up Cmdenv...

Setting up Cmdenv...

cMPIOCommunications: started as process 0 out of 2.
cMPIOCommunications: started as process 1 out of 2.
Loading NED files from .: 19
Loading NED files from .: 19

Preparing for running configuration Tictoc1, run #0...

Preparing for running configuration Tictoc1, run #0...
Assigned runID=Tictoc1-0-20190122-11:31:28-3629
Assigned runID=Tictoc1-0-20190122-11:31:28-3630
Setting up network "Tictoc1"...
Setting up network "Tictoc1"...
Initializing...
Initializing...

Running simulation...

Running simulation...
** Event #0 t=0 Elapsed: 1.4e-05s (0m 00s)
** Event #0 t=0 Elapsed: 1.5e-05s (0m 00s)
  Speed: ev/sec=0 simsec/sec=0 ev/simsec=0
  Messages: created: 2 present: 2 in FES: 2
  Speed: ev/sec=0 simsec/sec=0 ev/simsec=0
  Messages: created: 3 present: 2 in FES: 2
** Event #154880 t=30975.9 Elapsed: 2.00195s (0m 02s)
  Speed: ev/sec=77365.5 simsec/sec=15472.9 ev/simsec=5.00005
  Messages: created: 154883 present: 3 in FES: 2
** Event #154880 t=30976 Elapsed: 2.00199s (0m 02s)
  Speed: ev/sec=77363.8 simsec/sec=15472.7 ev/simsec=5.00003
  Messages: created: 154884 present: 3 in FES: 2
```

Рисунок 2. Результат проверки.

Для запуска на суперкомпьютере нужно из папки с проектом скопировать 3 файла в рабочую папку на суперкомпьютере:

- `omnet.ini`;
- `tictoc`;
- `tictic1.ned`.

Далее нужно скопировать папку с проектом и папку с исходными файлами для компиляции необходимых библиотек в рабочую папку на суперкомпьютере, а после скомпилировать всё это

(и библиотеки, и сам проект). Список необходимых библиотек можно посмотреть с помощью `ldd %имя_исполняемого_файла%`, скорее всего необходимыми библиотеками будут только те, которые находятся в папке OMNeT++.

```
linux-vdso.so.1 (0x00007ffe7d1d6000)
liboppcmdenv.so => /home/anoneth/Документы/omnetpp-5.4.1/lib/liboppcmdenv.so (0x00007fa59aa9e000)
liboppenvir.so => /home/anoneth/Документы/omnetpp-5.4.1/lib/liboppenvir.so (0x00007fa59a7e1000)
liboppsim.so => /home/anoneth/Документы/omnetpp-5.4.1/lib/liboppsim.so (0x00007fa59a22a000)
libdl.so.2 => /lib/x86_64-linux-gnu/libdl.so.2 (0x00007fa59a026000)
libstdc++.so.6 => /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libstdc++.so.6 (0x00007fa599ca4000)
libm.so.6 => /lib/x86_64-linux-gnu/libm.so.6 (0x00007fa5999a0000)
libgcc_s.so.1 => /lib/x86_64-linux-gnu/libgcc_s.so.1 (0x00007fa599789000)
libc.so.6 => /lib/x86_64-linux-gnu/libc.so.6 (0x00007fa5993ea000)
liboppccommon.so => /home/anoneth/Документы/omnetpp-5.4.1/lib/liboppccommon.so (0x00007fa5990ae000)
liboppnedxml.so => /home/anoneth/Документы/omnetpp-5.4.1/lib/liboppnedxml.so (0x00007fa598d7e000)
libxml2.so.2 => /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libxml2.so.2 (0x00007fa5989c3000)
libmpi_cxx.so.20 => /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libmpi_cxx.so.20 (0x00007fa5987a8000)
libmpi.so.20 => /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libmpi.so.20 (0x00007fa5984b5000)
libpthread.so.0 => /lib/x86_64-linux-gnu/libpthread.so.0 (0x00007fa598298000)
/lib64/ld-linux-x86-64.so.2 (0x00007fa59af07000)
libcui18n.so.57 => /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libcui18n.so.57 (0x00007fa597e1e000)
libcuc.so.57 => /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libcuc.so.57 (0x00007fa597a76000)
libcudata.so.57 => /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libcudata.so.57 (0x00007fa595ff9000)
libz.so.1 => /lib/x86_64-linux-gnu/libz.so.1 (0x00007fa595ddf000)
liblzma.so.5 => /lib/x86_64-linux-gnu/liblzma.so.5 (0x00007fa595bb9000)
librt.so.1 => /lib/x86_64-linux-gnu/librt.so.1 (0x00007fa5959b1000)
libutil.so.1 => /lib/x86_64-linux-gnu/libutil.so.1 (0x00007fa5957ae000)
libhwloc.so.5 => /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libhwloc.so.5 (0x00007fa595572000)
libopen-rte.so.20 => /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libopen-rte.so.20 (0x00007fa5952e7000)
libopen-pal.so.20 => /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libopen-pal.so.20 (0x00007fa595035000)
libnuma.so.1 => /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libnuma.so.1 (0x00007fa594e2a000)
libltdl.so.7 => /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libltdl.so.7 (0x00007fa594c20000)
```

Рисунок 3. Требуемые зависимости.

Затем необходимо создать (в рабочей папке на суперкомпьютере) файл задания *.pbs

Примерное содержание файла:

```
#!/bin/bash
#PBS -N helloOMNeT //название задания
#PBS -A helloOMNeT
#PBS -l walltime=00:01:00 //сколько времени нужно
#PBS -l nodes=1:ppn=2 //количество нод и процессов на них
#PBS -j oe //поток ошибок в стандартный вывод
cd $PBS_O_WORKDIR
export PATH=$PBS_O_PATH
# Загрузка окружения Intel MPI версии 4
module load impi/4
export I_MPI_DEVICE=rdma
export I_MPI_DEBUG=0
export I_MPI_FALLBACK_DEVICE=disable
#команда запуска задания с учетом особенностей окружения
mpirun -r ssh -machinefile $PBS_NODEFILE -np $PBS_NP ./tictoc -m -u Cmdenv -c Tictoc1
omnetpp.ini.
```

4. Заключение

В данной работе было разработано программное обеспечение, позволяющее совместить интерактивный режим работы пользователя системы моделирования OMNeT++ и пакетный режим работы кластера "Сергей Королёв".

5. Литература

- [1] Работа на кластере "Сергей Королёв" \ Суперкомпьютерный центр Самарского университета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://hpc.ssau.ru/node/22/> (20.01.2019).

- [2] Запуск интерактивных задач на кластере \ Суперкомпьютерный центр Самарского университета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://hpc.ssau.ru/node/102/> (20.01.2019).
- [3] Запуск задач с использованием графического режима \ Суперкомпьютерный центр Самарского университета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://hpc.ssau.ru/node/132/> (20.01.2019).
- [4] OMNeT++ Discrete Event Simulator [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://omnetpp.org/> (23.01.2019).
- [5] Enabling Distributed Simulation of OMNeT++ INET Models [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/1409.0994.pdf> (20.01.2019).
- [6] INET Framework [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://inet.omnetpp.org/> (20.01.2019).

Благодарности

Данная работа выполнена в рамках проектной части государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 2.974.2017 / 4.6.

Using the cluster "Sergey Korolev" for modelling computer networks

D.Y. Polukarov¹, A.P. Bogdan¹

¹Samara National Research University, Moskovskoe Shosse 34A, Samara, Russia, 443086

Abstract. In this paper, an attempt is made to create software that allows you to combine an interactive mode of operation and a graphical user interface in the OMNeT++ environment with a batch mode of operation of the high-performance cluster "Sergey Korolev". The architecture of such a solution is being developed. An example of using this approach is also given.