

К ВОПРОСУ О РАСЧЕТЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ОБЛАЧНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ AMAZON

*Институт проблем математических машин и систем НАН Украины, г. Киев, Украина

Анотація. Розроблено і опробовано на практиці методика, що дозволяє прогнозувати метеорологічні умови у хмарній інфраструктурі Amazon, а також після адаптації в інших сучасних хмарних інфраструктурах.

Ключові слова: прогноз погоди, хмарні технології, мезомасштабна метеорологічна модель.

Аннотация. Разработана и опробована на практике методика, позволяющая прогнозировать метеорологические условия в облачной инфраструктуре Amazon, а также после адаптации в других современных облачных инфраструктурах.

Ключевые слова: прогноз погоды, облачные технологии, мезомасштабная метеорологическая модель.

Abstract. A methodology has been developed and tested in practice that allows forecasting meteorological conditions in the Amazon cloud infrastructure and after adaptation in other modern cloud infrastructures.

Keywords: weather forecast, cloud technologies, mesoscale meteorological model.

1. Введение

В Украине в последнее время разработаны и внедрены специализированные системы прогнозирования метеорологических условий с высоким пространственным разрешением для прогнозирования паводков [1], обеспечения систем ядерного аварийного реагирования данными численного прогноза погоды [2, 3] и др. Для получения численного прогноза погоды используется модель WRF [4]. Она представляет собой программу на языке Fortran, которая компилируется компилятором Intel Fortran для ОС Linux с использованием библиотек MPICH и NetCDF. В работе [5] отмечено, что WRF можно скомпилировать один раз, создать архив, включив в него все динамические библиотеки, исполняемые файлы и файлы данных, затем легко распаковать и запускать этот архив на произвольном компьютере под управлением ОС Linux. На практике частые расчеты с применением WRF требуют больших вычислительных ресурсов, а доступные в Украине вычислительные ресурсы сильно ограничены. В последнее время приобретают популярность облачные сервисы, которые, в частности, можно использовать для расчета метеорологических моделей. Например, в работе [6] разработаны сервисы для прогноза погоды в облачной инфраструктуре Google.

Целью данной работы является разработка методики расчета модели WRF в облачной инфраструктуре Amazon.

2. Возможности инфраструктуры Amazon для метеорологических расчетов

Как показано в статье [4], WRF может запускаться на виртуальных серверах, так называемых инстансах, облачной инфраструктуры Amazon AWS. Это не бесплатная инфраструктура, однако она позволяет платить только за время работы инстанса. К примеру, если один час работы инстанса стоит один доллар США, а расчет выполняется с учетом загрузки входных данных и выгрузки результатов три часа, то такой расчет обойдется в три доллара. С переходом облачной инфраструктуры на посекундную тарификацию времени работы инстансов в октябре 2017 года появилась возможность существенно снизить расходы. Например, теперь, если расчёт выполняется не один час, а

двадцать минут, платить придется не за час, а за двадцать минут, то есть в три раза меньше. Кроме того, на протяжении 2017 года Amazon внес ряд усовершенствований в систему так называемых Spot-инстансов, что позволяет снизить расходы еще больше. Spot-инстансы используют простаивающие вычислительные мощности дата-центров Amazon в режиме биржи, где текущая цена постоянно меняется в зависимости от спроса и предложения, и час их работы стоит в два-пять раз меньше, чем у обычного инстанса. При этом, однако, нет гарантии, что инстанс не будет насильно выключен в любой момент с уничтожением всех данных на его жестком диске. Поскольку расчёты WRF длятся в среднем недолго, порядка нескольких часов, а часто даже меньше часа, эта угроза на практике не должна сильно мешать работе. В настоящей статье описывается, как создать и запустить WRF на Spot-инстансе Amazon.

3. Методика расчета

Процесс создания Spot-инстанса с помощью веб-консоли AWS подробно описан в документации [7]. После логина в консоль и выбора региона надо щелкнуть по ссылке Spot Requests в левой части экрана и на загрузившейся странице нажать кнопку Request Spot Instances. На странице создания Spot-инстанса очень много параметров (рис. 1–4), большинство из которых можно оставить равными значениям по умолчанию. В данном примере в поле AMI выбирается образ Ubuntu 16.04 (рис. 1), а в качестве типа инстанса выбирается c5.18xlarge – инстанс, в котором 36 физических ядер процессора Intel Xeon одного из последних (на 2017 год) поколений. Для выбора типа инстанса надо нажать на кнопку Select (рис. 2) и в открывшемся диалоговом окне отметить галочкой c5.18xlarge (рис. 2). В этом окне видно, что на момент написания статьи цена одного часа работы инстанса с 36-ю ядрами составляла чуть больше \$0,52 в час с посекундной тарификацией. Как уже говорилось, цена за час работы Spot-инстанса постоянно меняется, и график ее изменений в прошлом можно посмотреть, нажав на кнопку Pricing History.

Launch template: None (Default version) | Create launch template

Version description of selected launch template (if any) will display here. Applying a launch template is optional.

AMI Canonical, Ubuntu, 16.04 LTS, amd64 xenial image build on 2017-11- [Search for AMI]

Instance type(s) c5.18xlarge (72 vCPU, 144 GiB, EBS only) [Select]
Select multiple instance types to find the lowest priced instances available

Network vpc-9a14abf3 (172.31.0.0/16) (default) [Create new VPC]

Availability Zone No preference (launch in cheapest Availability Zone)

EBS volumes

Device	Snapshot	Size (GiB)	Volume Type	IOPS	Delete	Encrypt
Root: /dev/sda1	snap-0bc297f6637ec77c6	16	General Purpose (SSD)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

No additional EBS volumes configured

+ Add new volume

EBS-optimized Launch EBS-optimized instances

Instance store Attach at launch

Рис. 1. Окно выбора дистрибутива Linux, типа инстанса и объема жесткого диска

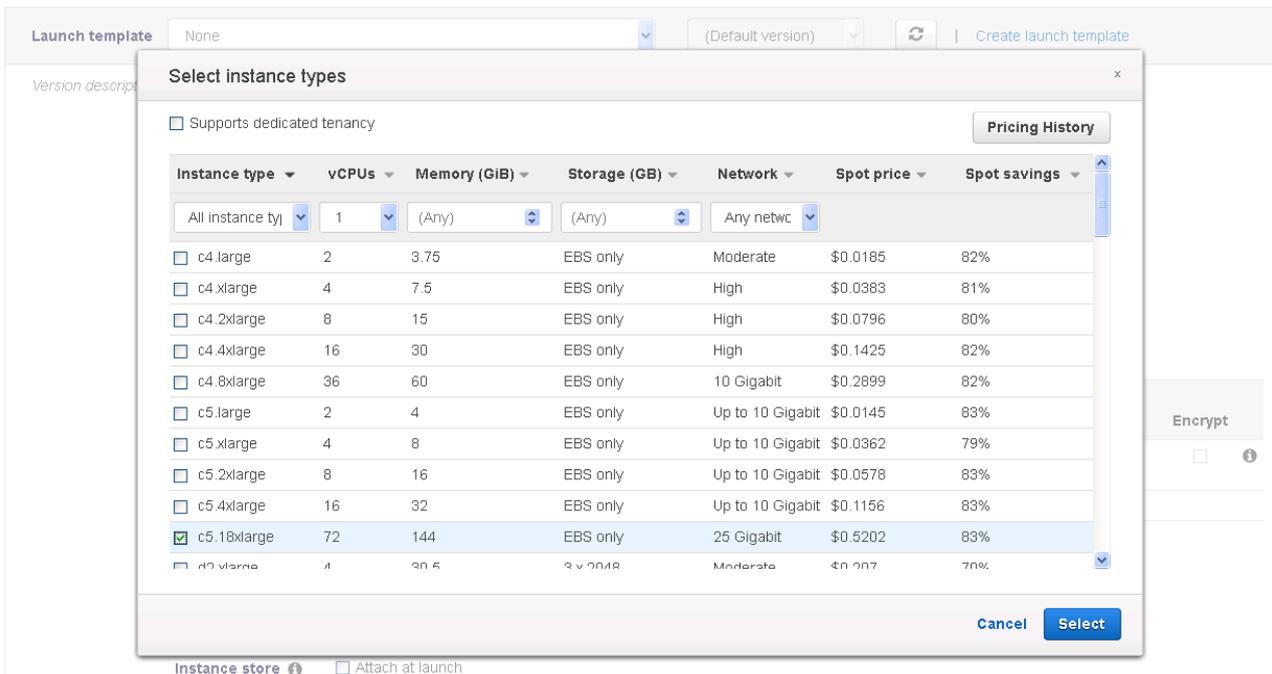


Рис. 2. Выбор типа инстанса

На рис. 3 нужно поменять два параметра. Во-первых, надо указать группу безопасности, в которой будет запущен инстанс, с тем, чтобы можно было подключиться к нему по SSH. Группу сначала нужно создать. Процесс создания и редактирования групп безопасности подробно описан в документации, а также проиллюстрирован в обучающих видео на youtube, поэтому здесь не рассматривается. Далее, нужно заполнить поле User data. Это поле представляет собой Bash-скрипт, который будет автоматически выполнен на только что созданном инстансе. Скрипт устанавливает и настраивает несколько вспомогательных программ, делающих процесс работы в SSH-сессии более удобным и быстрым, а также создает учетную запись пользователя Linux с известным именем и паролем:

```
#!/bin/bash
# Ubuntu 16.04 EC2 User data.
# apl's password is standard.

BASEURL=http://ukr.pw

# Install software that is missing in Ubuntu by default and that makes
work more comfortable:
apt-get update
apt-get -y install screen vim-nox mc traceroute psmisc

# Configure vim:
wget -O - $BASEURL/vimrc.txt > /etc/vim/vimrc

# configure color prompt with clock:
cd /root
wget -O - $BASEURL/ub/dotbashrc.txt > .bashrc
cp -f .bashrc /etc/skel
sed -i -e 's/^PS1/#PS1/' /etc/bash.bashrc
wget -O - $BASEURL/ub/prompt.txt >> /etc/bash.bashrc
# Configure password auth in SSH and create a user to log in as:
```

```
sed -i -e "s/^PasswordAuthentication no/PasswordAuthentication yes/"
/etc/ssh/sshd_config
systemctl restart sshd.service
sed -i -e "s/:100:/:99:/" /etc/passwd
useradd -u 100 -g 27 -d /home/apl -c "Sasha Polonsky" -s /bin/bash -m -
p
'$6$1TLo1Ure$L3hqJ554iyv/nIO8i6Lkbf4fT7Yh3cRsgYMxSOFK0feRh4cR9qn/HY2EHm
n7gxjaSMwaByk6t3HLKK7KKDO6F0' apl
```

Tenancy **i** Default - run a shared hardware instance

Security groups **i** OpenFromEnv default [Create new security group](#)

Auto-assign IPv4 Public IP **i** Use subnet setting

Key pair name **i** (optional) [Create new key pair](#)

IAM instance profile **i** (optional) [Create new IAM profile](#)

User data **i** As text As file Input is already base64 encoded

```
cd /root
wget -O - $BASEURL/ub/dotbashrc.txt > bashrc
cp -f bashrc /etc/skel
sed -i -e 's/^PS1/#PS1/' /etc/bash.bashrc
wget -O - $BASEURL/ub/prompt.txt >> /etc/bash.bashrc
```

Instance tags **i**

Key	Value
Name	c5.18xl spot

[+ Add new tag](#)

Рис. 3. Группа безопасности и скрипт User data

Spot request fulfillment

Allocation strategy **i** Lowest price *Automatically select the cheapest Availability Zone and instance type* Diversified *Balance Spot instances across selected Availability Zones and instance types*

Maximum price **i** Use default (recommended) *Provision Spot instances at the current Spot price capped at the On-Demand price* Set your max price (per instance/hour)

IAM fleet role **i** [aws-ec2-spot-fleet-tagging-role](#)

Request valid from **i** Now [edit](#)

Request valid until **i** 1 year from now [edit](#)

Terminate instances at expiration **i**

[Cancel](#) [JSON config](#) [Launch](#)

Рис. 4. Кнопка запуска инстанса

Для создания инстанса надо нажать кнопку Launch (рис. 4). При этом остальные параметры на рис. 4 можно не менять. Консоль выдаст предупреждение о том, что инстансу не присвоен ключ для авторизации по SSH. Это предупреждение можно игнорировать, так как скрипт из поля User data создаст пользователя с паролем, и ключ

будет не нужен. В появившемся окне не надо ставить галочку, подтверждающую согласие на запуск инстанса без ключа, и следует нажать ОК. Появится сообщение о том, что запрос на запуск Spot-инстанса успешно создан.

На практике инстанс по запросу обычно создается довольно быстро, в течение минуты. Созданный инстанс сразу же отобразится на странице Instances под ссылкой слева (рис. 5). На этой странице в нижней части экрана будет отображен IP-адрес инстанса, который нужен для подключения к инстансу по SSH. На рис. 5 этот адрес обведен красной рамкой. Кроме адреса, для подключения нужны имя пользователя и пароль, которые задаются в скрипте из поля User data. Рекомендуется использовать уникальное имя пользователя и пароль, чтобы доступ к инстансу «случайно» не получили хакеры.

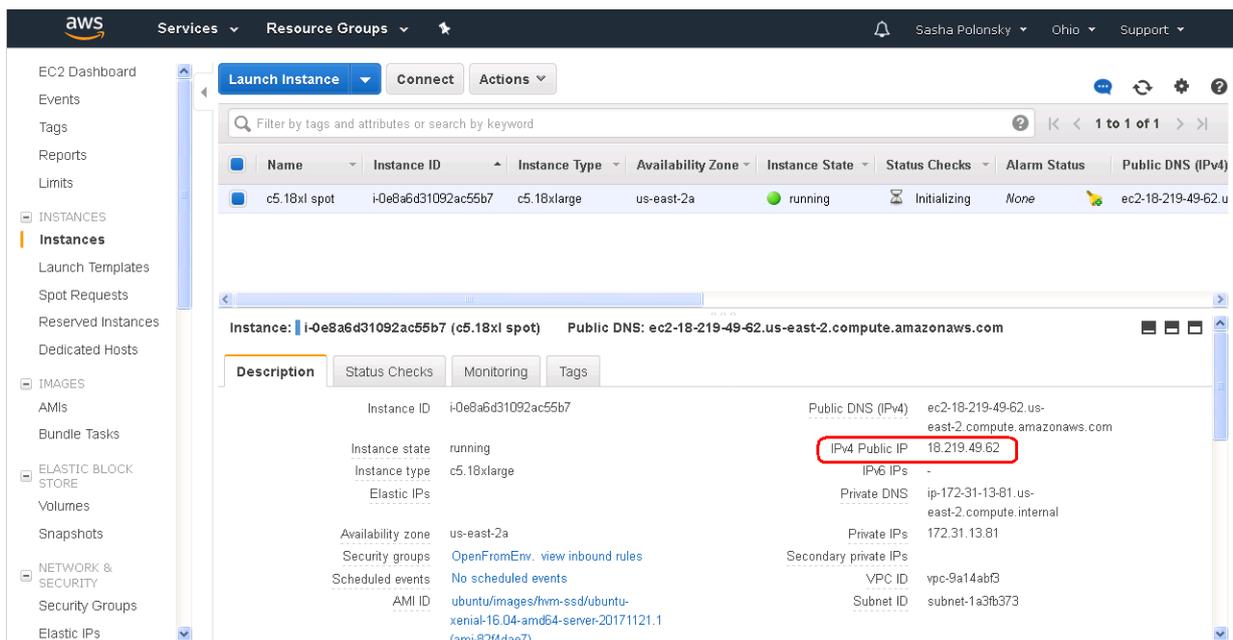


Рис. 5. IP-адрес созданного инстанса

К созданному инстансу можно подключиться с помощью SSH-клиента, например, PuTTY. Инстанс выглядит как обычный сервер Ubuntu 16.04, за исключением того, что подсказка для ввода команд содержит в себе серверное время (рис. 6). Такая подсказка позволяет наглядно следить за тем, сколько минут и секунд выполнялась та или иная команда. Это полезное дополнение было создано скриптом из поля User data.

В окне PuTTY можно загружать, распаковывать и запускать WRF привычным способом, выполняя команду за командой. Целесообразно не вводить команды руками, а заранее создать из них скрипт, который выполнится без участия пользователя с максимальной скоростью, ограниченной только возможностями сети, процессора, памяти и жесткого диска. Скрипт можно разместить где-нибудь снаружи, на веб-сервере, откуда его легко загрузить на инстанс. На веб-сервере скрипт можно будет легко менять, запуская WRF на разных областях и с разными разрешениями по пространству и времени.

На рис. 6 показано окно PuTTY, в котором подобный скрипт загружается с веб-сервера, автоматически запускается и начинает загружать и распаковывать архив с WRF. На рис. 7 тот же скрипт показан в момент, когда он уже загрузил и распаковал архив с WRF и входными данными и запускает WRF последовательно в четыре, восемь и шестнадцать потоков. По окончании работы важно не забыть уничтожить инстанс, чтобы не платить деньги за лишнее время его работы.

```

18.219.49.62 - PuTTY
[19:38]:apl@ip-172-31-13-81:~:>script 1.txt
Script started, file is 1.txt
To run a command as administrator (user "root"), use "sudo <command>".
See "man sudo_root" for details.

[19:38]:apl@ip-172-31-13-81:~:>wget -q0 - http://t.ukr.pw/k.txt | bash
./
./c
./run/
./run/termvels.asc
./run/RRTH_DATA
./run/aerosol_lon.formatted
./run/aerosol_lat.formatted
./run/kernels.asc_s_0_03_0_9
./run/URBPARM_UZE.TBL
./run/LANDUSE.TBL
./run/coeff_p.asc
./run/CLM_EXT_ICE_DFS_DATA
./run/CCN_ACTIVATE.BIN
./run/tr67t85
./run/ETAMPNEW_DATA
./run/CLM_ALB_ICE_DFS_DATA
./run/GENPARM.TBL
./run/CAMtr_volume_mixing_ratio.A1B
./run/bulkradii.asc_s_0_03_0_9
./run/VEGPARM.TBL

```

Рис. 6. Подсказка с системным временем и начало работы скрипта автоматизации

```

18.219.49.62 - PuTTY
starting wrf task          2 of          4
starting wrf task          1 of          4
starting wrf task          3 of          4

real    10m41.611s
user    42m40.476s
sys     0m5.872s

19:49 , Running wrf in 8 threads...
starting wrf task          1 of          8
starting wrf task          4 of          8
starting wrf task          5 of          8
starting wrf task          0 of          8
starting wrf task          2 of          8
starting wrf task          3 of          8
starting wrf task          6 of          8
starting wrf task          7 of          8

real    6m37.996s
user    52m49.844s
sys     0m13.740s

19:56 , Running wrf in 16 threads...
starting wrf task          0 of         16
starting wrf task          1 of         16
starting wrf task          2 of         16
starting wrf task          3 of         16
starting wrf task          5 of         16
starting wrf task          4 of         16
starting wrf task          6 of         16
starting wrf task          7 of         16
starting wrf task          8 of         16
starting wrf task          9 of         16
starting wrf task         10 of         16
starting wrf task         11 of         16
starting wrf task         12 of         16
starting wrf task         13 of         16
starting wrf task         14 of         16
starting wrf task         15 of         16

```

Рис. 7. Скрипт автоматизации в стадии запуска WRF в несколько потоков

5. Выводы

В статье разработана методика расчета метеорологической модели WRF в облачной инфраструктуре Amazon. Методику опробовано на практике и показано, что модель может быть развернута и запущена на счет очень быстро, за время порядка нескольких минут. Это позволяет экономить ресурсы, направленные на разворачивание, конфигурацию, компиляцию WRF на новых вычислительных серверах. Методика с соответствующей адаптацией может быть использована на другой облачной инфраструктуре, такой как Google Cloud, Microsoft Azure, Украинская облачная инфраструктура. На основе представленной методики могут быть разработаны облачные сервисы прогноза погоды в реальном времени.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Оперативне прогнозування метеорологічних полів для систем попередження про паводки у Карпатах / І.В. Ковалець, О.В. Халченков, С.М. Ануліч [та ін.] // Математичні машини і системи. – 2015. – № 3. – С. 118 – 125.
2. Впровадження системи ядерного аварійного реагування JRODOS в Україні та її забезпечення даними оперативного метеорологічного прогнозування / С.М. Ануліч, Є.О. Євдін, І.В. Ковалець [та ін.] // Зб. праць XI міжнар. наук.-практ. конф. «Математичне та імітаційне моделювання систем МОДС 2016», (Жукін, 27 червня – 1 липня 2016 р.). – Чернігів: ЧНТУ, 2016. – С. 93 – 96.
3. Халченков А.В. Верифікація системи прогнозування метеорологічних полів вокруг Ровенської АЕС на основі використання моделі WRF / А.В. Халченков, І.В. Ковалець, А.М. Романенко // Математичні машини і системи. – 2015. – № 1. – С. 130 – 138.
4. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://journals.ametsoc.org/doi/full/10.1175/BAMS-D-15-00308.1>.
5. Полонський А.А. Автоматизація удалених розрахунків метеорологічної моделі WRF в паралельному режимі / А.А. Полонський, І.В. Ковалець, С.Н. Ануліч // Міжнар. наук.-практ. конф. «Системи підтримки прийняття рішень. Теорія і практика», (Київ, червень 2017 р.). – Київ, 2017. – С. 54 – 57.
6. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://journals.ametsoc.org/doi/full/10.1175/BAMS-D-15-00308.1>.
7. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://journals.ametsoc.org/doi/full/10.1175/WAF-D-16-0075.1>.
8. Spot Instance Requests / AWS Documentation, Users's Guide [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docs.aws.amazon.com/AWSEC2/latest/UserGuide/spot-requests.html#using-spot-instances-request>.

Стаття надійшла до редакції 17.04.2018