

Министерство науки и образования Российской Федерации  
Институт математики и информационных технологий  
ФБУН «Иркутский государственный университет»  
Институт информационных технологий и анализа данных  
ФБУН «Иркутский национальный исследовательский технический университет»

Голлвитцер З., Черкашин Е. А.

**Ускоренный курс элементарного Bash**  
**The Ultimate Bash Crash Course**

*учебное пособие*

Иркутск – 2022

УДК ...(075.8)

ББК ...

...

Печатается по решению ...

... Ускоренный курс элементарного Bash / З. Голлвитцер, Е. А. Черкашин – 63 с.  
**ISBN 978-X-XXXX-XXXX-X**

В предлагаемом **проекте учебного пособия** рассматривается проблематика управления операционной Linux системой при помощи команд оболочки (shell) bash, а также внешних команд. Пособие организовано как руководство к последовательному ознакомлению (tutorial). Пособие является переводом постов первого автора с добавлением методических указаний по одной лабораторной работе, посвященной разработке сценариев на языке bash.

Предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлениям «Математика», «Прикладная математика и информатика», «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем», «Информационная безопасность», «Вычислительные комплексы системы и сети», «Автоматизированные системы управления» и им аналогичным.

УДК ...0XXX (075.8)

ББК ...

ISBN 978-X-XXXX-XXXX-X

© 2020 Зак Голлвитцер, 2020

© 2022 Евгений Александрович Черкашин

# Содержание

<b>Предисловие от составителя пособия</b>	<b>4</b>
<b>1. Базовый уровень</b>	<b>5</b>
1.1. Переменная PATH . . . . .	5
1.2. Основные команды . . . . .	6
<b>2. Bash, новый уровень</b>	<b>15</b>
2.1. Регулярные выражения . . . . .	15
2.2. Сценарии Bash . . . . .	24
2.3. Виртуальные машины и протокол SSH . . . . .	29
2.4. Управление сетью в командной строке . . . . .	33
2.5. Управление процессами и системой . . . . .	43
<b>Заключение</b>	<b>53</b>
<b>3. Методические указания для выполнения лабораторной работы</b>	<b>54</b>
3.1. Перечень вариантов задания . . . . .	54
3.2. Порождение конфигурации настройки сетевого адаптера узлов кластера . .	55
3.3. Реализация сценария конфигурирования узлов кластера . . . . .	57

## Предисловие от составителя пособия

Данный методический материал создан путем перевода текста, опубликованному в виде **данного поста** его первоначальным автором Заком Голлвитцером (Zach Gollwitzer). Перевод осуществлен при помощи системы CAT (Computer Aided Translation) OmegaT и единственного на данный момент бесплатного сервера **MyMemory**. Автор перевода, также по совмещению являющийся соавтором данного пособия, подверг первоначальный стиль существенной переработке, стараясь сделать его в большей степени соответствующим к стандартам публикации учебных пособий в образовательной системе РФ, но сохраняя, по возможности, уместные эмоциональные моменты. Не все конечно удалось довести до некоторого совершенства, поэтому оставляю проект открытым к редактированию и расширению на сайте **GitHub**.

Пособие состоит из трех разделов, первые два – собственно адаптация оригинального текста, в который не добавлялся новый материал, третий раздел содержит методический материал для выполнения лабораторной работы, направленной на развитие навыков разработки скриптов (сценариев) в командной оболочке `bash`. Представленный материал далеко не полностью покрывает такую обширную область разработки сценариев `bash`, но что необходимо выделить как положительный момент – практическая направленность. Зак Голлвитцер на собственном опыте показывает решение ряда задач, с которым он регулярно сталкивается в своей деятельности, в том числе администрирование собственного домашнего компьютера с операционной системой Linux/Mac. Зак учит читателя не только основным командам, запускаемым из оболочки, но и как искать справочную по ним информацию: использовать программу `man` и поисковую систему Google. В тексте Зак обычно говорит о командах `bash`, например `find`, но надо заметить, что прямого отношения к оболочке `bash` они не имеют. Они являются отдельными программами, которые можно запускать и из программ на языках Python и C++. Чаще всего эти команды запускаются из командной строки `bash`, что создает впечатление, что они являются её неотъемлемой частью.

Материал разработан для студентов, изучающих программирование и администрирование в рамках специальностей 09.03.01 – «Информатика и вычислительная техника» и 09.03.02 – «Информационные системы и технологии», вероятно, может быть использована в других направлениях обучения.

*Канд. техн. наук,  
старший научный сотрудник лаб. комплексных информационных  
систем ИДСТУ СО РАН им. В. М. Матросова,  
доцент лаб. лаборатории аппаратных и программных  
средств вычислительной техники ИИТиАД ИрННТУ,  
зав. каф. информационных технологий ИМИТ ИГУ  
Е.А. Черкашин*

# 1. Базовый уровень

Перед тем, как начать изучать командную оболочку `bash`, есть несколько важных концепций, помимо основных команд, необходимых к изучению. К ним относятся переменные среды, псевдонимы и некоторые более сложные команды, относящиеся к сетям, управлению процессами, `ssh` и сценариям.

Переменная среды может быть глобальной или локальной (сеансовая). Глобальная переменная среды – это переменная, которая устанавливается при инициализации оболочки и может использоваться во всех дочерних скриптах (процессах). Сеансовая переменная – это переменная, которая устанавливается на время конкретного сеанса оболочки и исчезает при, если ее закрыть. Чтобы создать сеансовую переменную надо `export`-ировать ее во «внешнюю» среду.

```
export MY_VARIABLE="значение"
```

Сеансовую переменную можно использовать пока текущая оболочка все еще открыта.

```
echo $MY_VARIABLE # значение
```

Как только сеанс будет закрыт, переменная более не будет доступна. Чтобы сделать переменную глобальной, ее помещают в один из файлов конфигурации `bash`, например, в `~/.profile`-файл.

```
# ~/.profile
```

```
export GLOBAL_VARIABLE="значение"
```

Чтобы увидеть все переменные текущего сеанса (как локальные, так и глобальные), можно запустить команду

```
env
```

## 1.1. Переменная PATH

Самая важная глобальная переменная среды, которую очень часто устанавливают, – это переменная `PATH`. Она сообщает оболочке `bash`, где искать исполняемые файлы и сценарии. Оболочка перебирает каталоги, перечисленные в переменной `PATH`, пытаясь найти требуемую программу. Вот пример установки значения переменной `PATH`.

```
export PATH=/usr/local/bin:/usr/bin:/bin
```

В этом примере, если пользователь хочет запустить программу `cat`, `bash` сначала будет искать ее в каталоге `/usr/local/bin`. Если файл там не будет найден, поиск продолжится в `/usr/bin`, и, наконец, в `/bin`. Последовательность поиска можно изменить в файле `~/.profile`:

```
export PATH=/home/zach/script-location:$PATH
```

Команда добавляет каталог `/home/zach/script-location` в начало списка `PATH`. Если надо добавить новый директорию в конец списка, то это делается следующим образом:

```
export PATH=$PATH:/home/zach/script
```

Теперь можно создавать специальные библиотеки сценариев и запускать их автоматически из каталогов, указанных в PATH. Теперь создадим каталог в домашней папке, который будет хранить все наши скрипты.

```
cd ~
mkdir bin
touch bin/my-simple-script
```

Теперь надо добавить этот текст в my-simple-script.

```
#!/bin/bash
echo "Бесполезный скрипт, предназначенный исключительно для демонстрации."
```

Теперь устанавливаем флаг «+x», позволяющий запускать скрипт.

```
chmod 775 my-simple-script
```

Теперь надо добавить новый каталог ../bin к нашей PATH. Редактируем ~/.profile (или другой, где определяется переменная PATH), добавляем следующую строку.

```
export PATH=$PATH:~/bin
```

Наконец, активируем изменения из ~/.profile в текущем сеансе.

```
source ~/.profile
```

Теперь можно запускать новый скрипт из командной строки, указав его имя.

```
./my-simple-script
# Бесполезный скрипт, предназначенный исключительно для демонстрации.
```

## 1.2. Основные команды

Помимо основных команд, таких как cd, ls, mkdir, touch, есть небольшой список команд, которые в bash используются очень часто.

- grep
- awk/sed
- less
- Команды find и xes
- gunzip
- tar

### 1.2.1. Программа grep

Команда Grep – это инструмент, который позволяет искать слова или строки по специальным шаблонам (регулярным выражениям) в одном или нескольких текстовых файлах. Программа существует в двух версиях: BSD и GNU. В системах Mac используются BSD-вариант, системы с Linux – GNU. В рассмотренных далее примерах различия между этими версиями не заметны, но если вдруг в той или иной операционной системе что-то пойдет не по плану, надо уточнить свойства конкретной версии. Например, могут отличаться определенные типы регулярных выражений.

Программу Grep можно воспринимать как инструмент поиска, встроенный в командную строку. В современных средах программирования (текстовых редакторах) также реализованы инструменты поиска. Например, в Visual Studio Code Editor (далее VSCode) можно использовать специальное поле для поиска в файлах проекта заданных слов и соответствие регулярному выражению (рис. 1.1). В результате редактором перечисляются файлы, в которых найдены результаты сопоставления, указывается строка, где что-то было найдено. В этом примере, автор искал в своем блоге слово «grep» и нашел его в трех разных файлах. Но что делать, если VSCode недоступен? Такое может быть, если вы управляете удаленной машины, или, просто, к этой удивительной функции поиска нет доступа. В этом случае grep просто незаменим. Основной синтаксис для использования grep следующий:

```
grep [все опции и ключи здесь] "текст, который ищется" <имя-файла-где-ищем>
```

Например, попробуем найти имя пользователя в файле /etc/passwd, где хранятся данные о пользователях Linux.

```
# Необходимо использовать sudo, файл защищен.
# Флаг (ключ) -i переводит поиск в режим игнорирования размера букв
sudo grep -i "zach" /etc/passwd

# zach:x:1000:1000:Zach,,,:/home/zach:/bin/bash
```

Хотя это руководство не преследует целью детального описания регулярных выражений, рассмотрим только простые примеры. Чтобы найти всех пользователей, имена которых состоят из трех символов, надо использовать регулярные выражения, являющиеся параметром флага -E (расширенные регулярные выражения).

```
sudo grep -color -E "[a-z]{3}:" /etc/passwd

# Результат –
#bin:x:2:2:bin:/bin:/usr/sbin/nologin
#sys:x:3:3:sys:/dev:/usr/sbin/nologin
#man:x:6:12:man:/var/cache/man:/usr/sbin/nologin
#irc:x:39:39:ircd:/var/run/ircd:/usr/sbin/nologin
#gdm:x:121:125:Gnome Display Manager:/var/lib/gdm3:/bin/false
```

Слова bin, sys, man, irc и gdm – это трехбуквенные имена пользователей. Если результат выдается в монохромном режиме, можно его раскрасить, добавив флаг цвета.

Еще один способ использования grep – в режиме фильтра вывода другой команды. Результат (stdout), выдаваемый одной командой, можно передать на вход (stdin) grep. Теперь то, что было сделано выше, можно сделать по-другому:

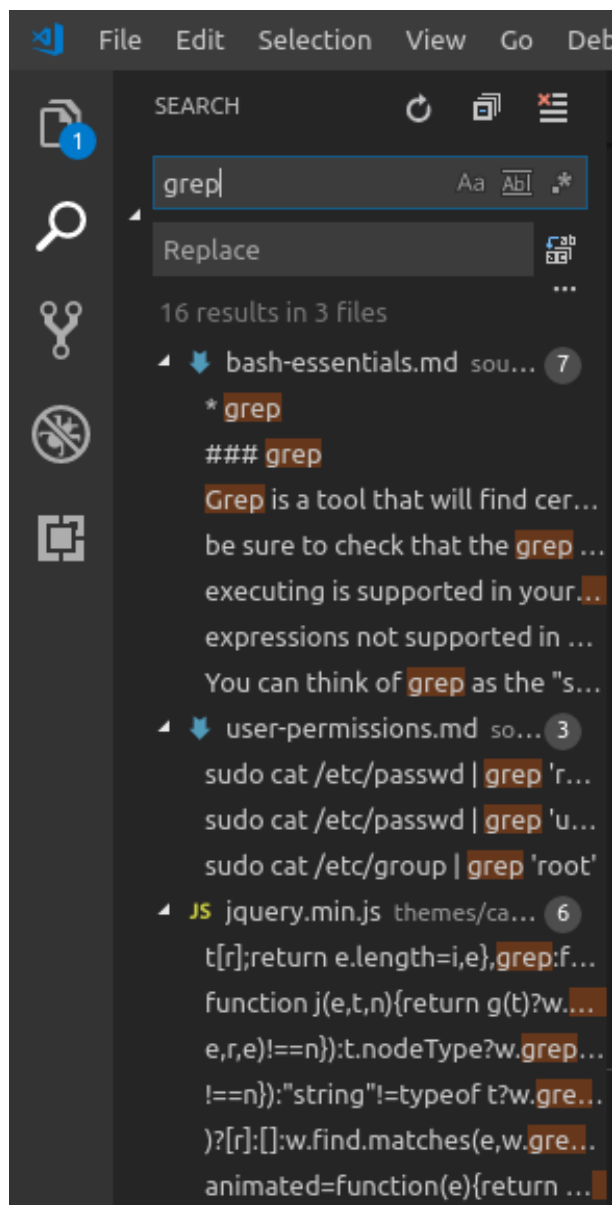


Рис. 1.1. Поиск строки в VSCode

```
sudo cat /etc/passwd | grep -color -E "^[a-z]{3}:"
```

Таким образом, утилита `grep` полезна для быстрого поиска, если у вас нет доступа к текстовому редактору, или нет времени и желания ждать, пока он загрузится.

### 1.2.2. Утилиты `awk` и `sed`

В настоящее время, `awk` и `sed` являются предметом споров и обсуждений, и в этом разделе попробуем разьяснить *почему* это происходит, ну и покажем основные формы их использования. Причина состоит в том, что существуют и лучшие альтернативы. Обе программы обрабатывают тексты, они могут находить и заменять части одного файла или редактировать тексты целого набора файлов.

Программа `sed` является редактором текстового потока (**s**tream **e**ditor): производит посимвольный просмотр и преобразования файла; `sed` не считается полноценным язы-



ком программирования, но он отлично подходит для простых операций типа «найти и заменить» над одним или несколькими файлами. Опять же, эта операция элементарно реализуется в текстовых редакторах типа VSCode, но иногда к редактору нет доступа, или есть необходимость выполнения операции над группой файлов в скрипте.

Язык `awk` считается достаточно полным языком программирования и больше ориентирован на текстовые данные, организованные в таблицы, где столбцы разделены специальными символами, например формата CSV (**c**omma **s**eparated **v**alues). Например, программой `awk` удобно обрабатывать файлы `csv` или файлы, разделенный пробелами: она обрабатывает входной файл построчно, а не посимвольно.

Проблема с этими программами заключается в том, что все, что можно сделать, комбинируя `sed` или `awk`, можно реализовать в языках Perl или Python в более простой форме. Бесспорно, Perl и Python являются гораздо более удобными языками реализации сценариев. В защиту утилит высказывают, что `sed` и `awk` обладают превосходной производительностью на определенных задачах, но практика показывает, что Perl или Python являются все же лучшим решениями.

В некоторых задачах администрирования обрабатывать тексты приходится при помощи `sed` и `awk`, так как, опять же, может не быть доступа к Python или Perl. Теперь возникает вопрос: в чем разница между этими утилитами? Когда надо использовать `sed`, а когда `awk`? Вот несколько простых правил:

- Для простых текстовых преобразований (например, найти/заменить), используйте `sed`.
- Для простых преобразований формата используйте `awk`.
- Для сложных преобразований формата и текста используйте `awk`.

Рассмотрим примеры каждой из задач, покажем использование этих инструментов. Начнем с простой операции по поиску/замене при помощи `sed`. В качестве обрабатываемого текста использован образец файла от Apple Inc., данные по акциям за последние три месяца, файл `AAPL.csv`. Исходные данные:

```
Date,Open,High,Low,Close,Adj Close,Volume
2018-11-06,201.919998,204.720001,201.690002,203.770004,203.061493,31882900
2018-11-07,205.970001,210.059998,204.130005,209.949997,209.219986,33424400
2018-11-08,209.979996,210.119995,206.750000,208.490005,208.490005,25362600
```

... пропущены аналогичные записи ...

```
2019-02-04,167.410004,171.660004,167.279999,171.250000,171.250000,31495500
2019-02-05,172.860001,175.080002,172.350006,174.179993,174.179993,36066500
```

Для замены всех запятых на пробелы удобно использовать `sed`.

```
sed 's/,/ /g' AAPL.csv
```

```
Date Open High Low Close Adj Close Volume
2018-11-06 201.919998 204.720001 201.690002 203.770004 203.061493 31882900
2018-11-07 205.970001 210.059998 204.130005 209.949997 209.219986 33424400
2018-11-08 209.979996 210.119995 206.750000 208.490005 208.490005 25362600
```

... пропущены аналогичные записи ...

```
2019-02-04 167.410004 171.660004 167.279999 171.250000 171.250000 31495500
2019-02-05 172.860001 175.080002 172.350006 174.179993 174.179993 36066500
```

По умолчанию результат преобразования будет распечатан на экран. Если добавить флаг `-i`, то `sed` будет напрямую редактировать исходный файл (in-place).

```
sed -i 's/,/ /g' AAPL.csv
```

Теперь у нас есть файл, где столбцы разделены пробелами. Воспользуемся `awk` для вычисления агрегированных значений. В этих данных в текущем их состоянии цена акций задается в нескольких столбцах (open, high, low, close, adjusted). Например, выделим цены в колонках open и volume по датам (date). Для выделения этих столбцов используем `awk`.

```
awk -F " " ' BEGIN { print "Date\t\tPrice\t\tVolume" }; NR > 1 \
{ print $1 "\t" $2 "\t" $7 } ' AAPL.csv
```

Date	Price	Volume
2018-11-06	201.919998	31882900
2018-11-07	205.970001	33424400
2018-11-08	209.979996	25362600

... пропущены аналогичные записи ...

2019-02-04	167.410004	31495500
2019-02-05	172.860001	36066500

На первый взгляд выполненная команда `awk` выглядит слишком сложной для изучения, но проведем некоторый ее обзор. Основы синтаксиса `awk` можно узнать, сделав соответствующие запросы к поисковой системе Google, также можно найти примеры решения конкретных задач.

Программа `awk` – это больше язык программирования, а не команда обработки текста. Чтобы узнать, что означает команда, приведенная в примере выше, сохраним ее в файл, что удобнее для обучения. Создадим файл `awk-example.sh` и поместим туда эту команду, отформатируем текст программы.

```
# Это комментарий в программе awk.
# Перед тем, как непосредственно перейти к обработке текста
# установим переменную FS (задает символ-разделитель колонок),
# переменную OFS (символ-разделитель в выходных данных),
# и затем распечатаем заголовок текста в порождаемом результате.
BEGIN {
    # Обратите внимание, каждая строка заканчивается символом ";",
    # что приближает этот скрипт к языку программирования C.
    FS=" ";
    OFS="\t";
    print "Date\t\tPrice\t\tVolume";
```

```
};

# NR > 1 означает, что надо распечатать значения из строк,
# номера которых больше 1.
# Другими словами, мы пропускаем первую строку.
NR > 1 {
    # Выводим первое, второе и седьмое значение их каждой строки.
    print $1, $2, $7;
};
```

Запуск программы осуществляется так:

```
# Выводится то же самое, что в результате запуска
# awk -F " " ' BEGIN { print "Date\t\tPrice\t\tVolume" }; NR > 1 \
{ print $1 "\t" $2 "\t" $7 } ' AAPL.csv
# Загружаем программу из awk-example.sh, применяем ее к файлу AAPL.csv.csv
awk -f awk-example.sh AAPL.csv
```

Заметим, в `awk` есть встроенные переменные, включая `FS` (символ-разделитель входного файла), `OFS` (символ-разделитель для выходного файла), `NR` (номер строки). Другие переменные можно найти [здесь](#). Можно использовать переменные вместо задания флагов в командной строке. Например, вместо флага `-F` можно установить соответствующее значение переменной `FS` в программе `awk`.

Обучение всем возможностям `awk` займет гораздо больше времени, чем это оправдано для данного руководства, но освоив основу синтаксиса, проще изучить все остальное. В конечном счете, каждая `awk`-команда есть наборы ключевых слов и команд формирования выходных данных. Команда, которую только что запустили, полностью показана ниже.

```
# awk executable | Options | Keyword | What to print based on keyword
# Keyword What to print based on keyword | file to run
awk -F " " ' BEGIN { print "Date\t\tPrice\t\tVolume" }; \
NR > 1 { print $1 "\t" $2 "\t" $7 } ' aapl.csv
```

Программа `awk` обладает большим набором функций, включая редактирование файлов. Хороший учебник по программе находится [здесь](#).

На самом деле для более сложных задач нет необходимости в изучении `sed` и `awk`. Языки Perl/Python также позволяют обрабатывать текст, при этом использовать более простой синтаксис. Тем не менее знание основ использования этих команд может значительно ускорить ваш рабочий процесс при решении простых задач, которые периодически возникают. Они также полезны когда вы пишете сценарий для `bash`, где нужно как-то редактировать текст или изымать оттуда информацию. Было бы неудобно вручную останавливать сценарий `bash`, запускать скрипт `python`, а затем перезапускать сценарий снова. Утилиты `sed` и `awk` предоставляют возможность избегать такого варианта обработки информации.

### 1.2.3. Программа Less

Программа `less` – одна из тех утилит командной строки, которую вы наверняка не используете, а должны были бы. Программа позволяет просматривать текстовые данные, интерактивно прокручивая строки на экране при помощи клавиатуры. Программа проста в использовании, и работает аналогично редактору `vim`. Существует два способа использования `less`:

```
# Передача выходных данных в less из другой программы
cat some-large-file.txt | less
```

```
# Использование less напрямую
less some-large-file.txt
```

В запущенной программе есть замечательная интерактивная функция – `h`. Нажатие `h` открывает панель помощи, где отображаются все возможные интерактивные команды. Приведем самые полезные.

- Для прокрутки на одну строку, жмите `k` (как в `vim`).
- Для прокрутки на одну линию вниз – `j` (как в `vim`).
- Чтобы перейти в конец файла – `G`.
- Чтобы перейти к началу файла – `g`.
- Для поиска «текста», наберите `/текст` (поиск по тексту вниз) или `«?»`.
- Для продвижения вниз на страницу – `f` или «пробел».
- Чтобы пролистать на страницу вверх – `b`.

Так же, как и с `grep`, `awk` и `sed`, прокрутку и поиск в тексте удобнее делать в текстовых редакторах, например, `VSCoDe`. Если есть возможность используйте редактор. Использование команды `less` удобно, если редактор недоступен или медленнее, чем нужно, грузится.

#### 1.2.4. Команды `find` и `exes`

На первый взгляд, команда `find` очень сильно похожа на `grep`, но ее использование охватывает решение других задач. Программа поиска необходима, если вы хотите искать файлы с определенными свойствами в файловой системе. Напомним, что `grep` ищет текст в файле или в выдаче предыдущей команды, `find` ищет именно файлы в файловой системе. Команда `find` возвращает полный путь до найденного файла. В параметрах поиска можно указывать имя файла (или его часть), свойства атрибутов: запускаемый, читаемый, редактируемый и т.д. Например, давным-давно вы установили нужную вам версию Python и не можете вспомнить, куда вы скачали архив его исходников. Это обычная проблема – порождать разные версии Python на компьютере, которые конфликтуют друг с другом. Кроме того, часто надо полностью удалить все версии Python с компьютера. Другие виды использования `find` включают:

- Найти все файлы `.png` на компьютере.
- Найти все документы, измененные некоторым пользователем за последние 7 дней.
- Найти файлы, имеющие определенный набор разрешений (permission set).

Как видно, возможности `find` практически безграничны, и если использовать ее весь потенциал, можно решить много разных задач, включая те, до которых вы раньше не додумывались. Вот простой пример:

```
find / -type f -size +1G
```

Эта команда перечислит все файлы на компьютере, размер которых больше 1 гигабайта. Если у вас мало места на дисках, эта команда поможет найти те файлы, которые занимает недоступное пространство на вашем компьютере.

Основным форматом использования команды `find` является

find <директорий, где производить поиск> [флаги] <имя файла, который ищем>

Вот несколько полезных и часто используемых команд:

# Найти все .jpg-файлы на компьютере

```
find / -type f "*.jpg"
```

# Найти все файлы, измененные за прошедшие сутки

```
find / -type f -mtime 1
```

# Найти все файлы, которые принадлежат пользователю zach

```
find / -type f -user zach
```

# Найти все файлы с кодом разрешений 777

```
find / -type f -perm 777
```

# Найти все файлы, имена которых начинаются со слова config

```
find / -type f -name "config*"
```

Это всего лишь несколько из тысячи других функций программы. Кроме того, используя команду `exec`, `find` переходит на новый уровень. Вместо того чтобы просто искать файлы, можно также выполнять с найденными файлами другие операции. Хотя это очень здорово, но и очень опасно, если не соблюдать осторожность, ясно представлять, что будет происходить во время исполнения команды.

Итак, функция `exec` позволяет запускать другие команды над найденным `find` файлом. Если вы объедините `find` и `rm`, запущенной при помощи `exec`, вы можете удалить найденные файлы. Поэтому, прежде чем запускать такие конструкции, проверяйте все десять раз! Рассмотрим пример простой команды на основе `find`, которая ищет все файлы `.jpg` в домашнем каталоге.

```
find ~/ -type f -name "*.jpg"
```

Далее, скопируем все совпадения в папку `~/pictures-backup`, для этого применим команду `exec`.

```
find ~/ -type f -name "*.jpg" -exec '{}' ~/pictures-backup \;
```

Наверное интересно, что такое `'{}'` и `\;`, что это за элементы, использованные в команде? Как и прежде эти нюансы можно узнать из поисковых систем или при помощи команды `man`, перенаправив ее вывод в `less` и выполнив поиск по слову «`exec`»<sup>1</sup>.

```
man find | less
```

# Набираем `/-exec` в `less`

# `n` – повторяет поиск и находит следующее вхождение.

На этих страницах руководства видно, что `'{}'` указывает место, куда подставлять найденные файлы, и `\;` – это символ, указывающий границу команды для запуска `exec`. Обратная косая черта – это механизм «избавления от лишних проблем». Можно просто использовать `' ; '`.

После выполнения этой команды, все изображения `jpg` из домашнего каталога будут скопированы в централизованное хранилище резервных копий! Теперь вы ведите, как невероятно крута эта команда!

<sup>1</sup> На самом деле в современных дистрибутивах `less` и `man` работают вместе автоматически.

### 1.2.5. Команды tar, gzip, gunzip

Эти утилиты по сравнению с find очень просты в эксплуатации и используются для сжатия и распаковки файлов. Релизы программы, большие файлы данных или изображений распространяются форматах .tar, .gz, или их комбинации .tar.gz. Команды tar и gz имеют разные функции: формат tar – это архив набора файлов, а gz - это формат сжатия информации. В большинстве случаев можно использовать файловые менеджеры компьютера, они способны обрабатывать эти форматы, но иногда нужно распаковать файл в командной строке (например, на удаленном сервере). Вот самые распространенные команды.

# Создание .tar-архива

# c – создать, v – подробный вывод, f – формат tar

```
tar cvf archive.tar file1 file2 file3 ... fileN
```

# Перечислить файлы в архиве .tar

# t – режим списка

```
tar tvf archive.tar
```

# Распаковка .tar-файла

# x – разархивировать, v – подробный вывод, f – tar-формат

```
tar xvf archive.tar
```

# Сжать файл или архив

```
gzip archive.tar # создать archive.tar.gz
```

# Разархивация

```
gunzip archive.tar.gz
```

Есть еще несколько других флагов, управляющих работой с утилит архивирования и сжатия.

## 2. Bash, новый уровень

Не все из вышеперечисленного относится непосредственно к концепциям bash, но их важно знать, даже если они не используются ежедневно. То, что будем изучать далее показывает истинную мощь оболочки bash. Темы следующие.

- Регулярные выражения, используемые в сценариях;
- Сценарии Bash;
- Виртуальные машины и ssh;
- Работа с сетью в командной строке;
- Управление процессами;
- Управление системой.

### 2.1. Регулярные выражения

Есть мнение, что язык регулярных выражений сложнее, чем он должен быть. Есть много вариантов и мелких деталей, которые надо знать о регулярных выражениях, и, кроме того, существует множество различных разновидностей регулярных выражений (python, extended, rust и т.д.). Несмотря на это, есть всего несколько основных концепций, которые нужно понимать в регулярных выражениях, что делает использование любых регулярных выражений эффективным. Регулярные выражения существуют потому, что просто поиска текста по подстроке иногда недостаточно. Приведем ряд часто встречающихся практических примеров.

Пример. Как-то раз автором был создан скрипт на Microsoft Excel VBA, запускающий функции из одной динамической библиотеки. Код этой библиотеки недоступен, поэтому пришлось использовать его с некоторым ограничением. Целью эксперимента была возможность открытия новой книги Excel при каждом вызове функции. В каждой книге находятся данные, которые нужно скопировать в основную книгу, однако не было возможности определить имя этой новой книги. К счастью, Excel открывает новые книги и называет их «Book1», «Book2», «Book3», «Book4» и т.д. Зная, что новые книги всегда будут содержать слово «Book» в начале, можно использовать регулярное выражение для их идентификации. Полученное регулярное выражение довольно просто и выглядит так: `^Book[0-9]+`. Не обращая внимания на то, что показанный синтаксис пока вам не понятен, выражение ищет слова, начинающиеся с «Book» и заканчивающиеся одним или более цифрами.

Более распространенным примером регулярных выражений является поиск в ольших документах адресов электронной почты, номеров телефонов или даже проверка ввода данных пользователем в веб-приложении. Опыт показывает, что использование регулярных выражений ежедневно маловероятно, поэтому не будем все доводить до абсурда, давая все мельчайшие детали, забываемые к концу дня. Вместо этого покажем общую методологию использования регулярных выражений, полезную на практике. Поиск Google дает результаты для конкретных случаев использования.

Прежде всего надо сказать, что существует множество различных версий регулярных выражений. Вот три разных способа использования одного и того же регулярного выражения.

```
// Пример использования регулярных выражений в Javascript
// для сопоставления строки с шаблоном "3 или более цифры"
let myRegExp = /[0-9]{3,}/
```



```
let myStringToMatch = '345'

myRegExp.exec(myStringToMatch); // ["345", index: 0, input: "345",
                                // groups: undefined]

# Это то же регулярное выражение, но в Python

import re

result = re.search('[0-9]{3,}', '345')

print(result.group(0)) # '345'

# И, наконец, то же выражение в оболочке bash с помощью команды grep

echo "345" | grep -E '[0-9]{3,}' # 345
```

Обращаем внимание, что эти три языка используют регулярные выражения немного по-разному, но суть одинакова во всех случаях. Регулярные выражения легко преобразуются с одного языка в другой.

Самый простой способ освоить регулярные выражения – это показать примеры практического использования, и объяснить *зачем* использовать регулярное выражение для конкретной задачи. Начнем со следующего текста.

I am some random text

Если надо просто найти слово «random» в этом тексте, то просто используйте редактор или команду поиска текста. Например, я мог бы использовать `grep` следующим образом.

```
echo "I am some random text" | grep "random"
```

Это слишком просто и неинтересно. Все мы понимаем основную идею сопоставления текстов друг с другом, но иногда не понятно, что это такое на самом деле. Если бы мы написали программу сопоставления текста, она состояла б из следующих шагов:

1. Сохранить искомую строку в переменной;
2. Открыть файл с текстом для поиска;
3. Читать последовательно каждый символ в файле один за другим и проверять, соответствует ли этот символ первому символу в нашей строке поиска;
4. Если есть совпадение, перейти к следующей букве в строке поиска и проверить, соответствует ли она следующему символу в файле;
5. Если алгоритм дошел до конца строки поиска без несоответствий, значит, строка и текст сопоставимы.

Это, конечно, слишком упрощенное объяснение, и подробнее тему можно изучить [здесь](#), если вам стало интересно. То, что только что было рассмотрено, называется «буквальным сопоставлением текста» и выполняется с помощью любой утилиты поиска текста. Но это также можно сделать утилитой, интерпретирующей регулярные выражения при помощи функции регулярных выражений Perl, реализованной в `grep`.

```
echo "I am some random text" | grep -P "random"
```



Рассмотрим чем данный пример отличается от предыдущего варианта поиска. Пока не видно никакой разницы, кроме использования флага `-P`, переключающего `grep` в режим интерпретации аргумента как регулярного выражения. На этом этапе запомним, что регулярные выражения могут выполнять функцию буквального сопоставления текста. Но именно в этой точке становится интересным изучение регулярных выражений, потому что они могут не только устанавливать буквальное соответствие, но и сравнивать тексты с шаблоном. Давайте начнем с простого. Допустим, есть следующий текстовый файл с именем `http-request.txt`.

```
Alt-Svc: quic=":443"; ma=2592000; v="44,43,39"
Cache-Control: private, max-age=0
Content-Encoding: br
Content-Length: 72493
Content-Type: text/html; charset=UTF-8
Date: Mon, 11 Feb 2019 21:40:25 GMT
Expires: -1
Server: gws
Set-Cookie: 1P_JAR=2019-02-11-21; expires=Wed, 13-Mar-2019 21:40:25 GMT; ...
Set-Cookie: SIDCC=AN0-TYtZ7bELYEE0wy8nAaXHUK_GRAsuZzNu7r50hKVGKwr7a-m7ctz ...
Strict-Transport-Security: max-age=31536000
X-Frame-Options: SAMEORIGIN
X-XSS-Protection: 1; mode=block
```

```
Alt-Svc: quic=":443"; ma=2592000; v="44,43,39"
Cache-Control: private, max-age=0
Content-Encoding: br
Content-Length: 72470
Content-Type: text/html; charset=UTF-8
Date: Mon, 11 Feb 2019 21:44:38 GMT
Expires: -1
Server: gws
Set-Cookie: 1P_JAR=2019-02-11-21; expires=Wed, 13-Mar-2019 21:44:38 GMT; ...
Set-Cookie: SIDCC=AN0-TYsHoOeMCDEAZfNd9umwLDXDEHqyGfAImuc08v4h2e1B1hSKxG ...
Strict-Transport-Security: max-age=31536000
X-Frame-Options: SAMEORIGIN
X-XSS-Protection: 1; mode=block
```

```
Alt-Svc: quic=":443"; ma=2592000; v="44,43,39"
Cache-Control: private, max-age=0
Content-Encoding: br
Content-Length: 72464
Content-Type: text/html; charset=UTF-8
Date: Mon, 11 Feb 2019 21:46:36 GMT
Expires: -1
Server: gws
Set-Cookie: 1P_JAR=2019-02-11-21; expires=Wed, 13-Mar-2019 21:46:36 GMT; ...
Set-Cookie: SIDCC=AN0-TYuz2RnQRkvCL-vKi53aZ9wq43igGogt5iPF1aveuchWK1_5cZs ...
Strict-Transport-Security: max-age=31536000
```

```
X-Frame-Options: SAMEORIGIN
X-XSS-Protection: 1; mode=block
```

Выше приведены три *разных* заголовка HTTP-ответов, полученные в результате запуска трех запросов к сайту [www.google.com](http://www.google.com). Как видите, все они по структуре похожи друг на друга, однако, их не считают строго структурированными. Эти ответы – идеальный текст, который будем далее использовать для изучения регулярных выражений.

Допустим, надо получить дату и время каждого запроса в каждом ответе. Делается это легко: надо найти три строки (в каждом из трех запросов есть дата) с помощью регулярного выражения.

```
cat http-request.txt | grep -P "^Date.+"
```

При выполнении эта команда найдет и распечатает требуемые три строки с датой ответа. Часть «Date» в регулярном выражении в принципе понять не сложно, а что означает часть «.+»? Что обозначает символ ^, находящийся в начале выражения? Если из выражения убрать две последние составляющие, то «Date» будет найдено три раза, но требуемой информации по дате не будет получено. Это прекрасная возможность представить «метасимволы». В регулярных выражениях поведение следующих символов отличается от символов, рассмотренных ранее: . ^ \$ \* + ? { } [ ] \ | ( )

Понимание функций каждого из этих символов – ключ к возможности использования регулярных выражений. При чтении файла регулярное выражение будет обрабатывать строки одну за другой (каждая строка обозначена символом \n). Созданные регулярные выражения проверяются на каждой строке файла. Можно сделать вывод, что «граница» применимости регулярного выражения – это одна строка текста. Часто бывает полезно обозначать начало и конец строки в шаблонах выражений. Например, в списке телефонных номеров можно найти заданный код зоны.

```
234-234-1920
121-726-1382
```

В строке 1 код города такой же, как и следующие за ним три числа. Используя символ ^ в регулярном выражении, выделяем только первые три символа.

```
cat phone-numbers.txt | grep -P "^234"
```

Это регулярное выражение будет соответствовать только коду города первого телефонного номера. Теперь предположим, надо сопоставить все строки текста, заканчивающиеся вопросительным знаком.

```
sentences.txt
```

```
The regex will not match me.
The regex will not match me either.
But wouldn't it make sense that the regex matched me?
```

Так как ? – это специальный символ, его надо «экранировать» бэкслешем, если он используется как буква.

```
cat sentences.txt | grep -P ".+\?$"
```

В данном примере шаблон соответствует тексту всей строки. В шаблоне конец строки обозначен вопросительным знаком (часть искомой строки) и специальным символом "\$". Символ \$ противоположен свойствами ^, представленный ранее.

Символ . соответствует любому символу входной строки. При использовании в шаблонах . не соответствует только символам «перевод строки» и «возврат каретки», обозначающим конец строки. Есть также еще три других специальных символа, которые соответствуют другим типам символов.

- . – соответствует любому символу;
- \d – соответствует одной из цифр (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9);
- \s – соответствует любым символам, интерпретируемым как «пустое пространство», включая «перевод строки», «возврат каретки»;
- \w – соответствует любому символу алфавита или цифре.

Если вышеприведенный символ перевести в верхний регистр (\D, \S, \W), то это приведет к противоположному эффекту. Используя эти новые знания, попробуем сопоставить следующую строку текста.

```
You cannot match me because you don't know what a quantifier is!
```

Ограничившись имеющимися к настоящему моменту навыками, можно было б попробовать что-то вроде этого:

```
echo "You cannot match me because you don't know what a quantifier is" \
| grep -P "^Youis$"
```

Почему ничего не получилось? Надо найти «You» в начале строки (^) и «is» в конце (\$). Проблема в том, что сопоставление слов (букв) в центре строки не сделано. Добавив . в центр шаблона регулярного выражения, вероятно решит проблему! Попробуем.

```
echo "You cannot match me because you don't know what a quantifier is" \
| grep -P "^You.is$"
```

К сожалению, это тоже не сработает. Причина заключается в том, что *количество* символов в центре не указано, т.е., то, что между «You» и «is!». Для этого используются специальные символы \*, +, ? и {}.

- \* - сопоставляет 0 или больше символов<sup>1</sup>, стоящих в шаблоне слева от символа;
- + - сопоставляет 1 или больше ...;
- ? - Сопоставляет 0 или 1 символ ...;
- {1} - Сопоставляет в точности 1 символ ...;
- {1,} - Сопоставляет 1 или больше ... (так же как +);
- {2,6} - Сопоставляет от 2 до 6 символов ...;

Такие конструкции называются «кванторами» и являются очень важными в формировании регулярных выражений. Заметим, что *любой* квантор может быть определен при помощи {}, но на практике использование \*, + и ? позволяет создавать регулярные выражения быстрее. При помощи кванторов, завершим формирование нашего выражения.

<sup>1</sup> или выражений, оформленных специальным образом

```
echo "You can match me now because you know what a quantifier is" \  
| grep -P "^You.+is$"
```

Что имеем теперь: сопоставляем «You» в начале строки (^), затем 1 или больше *любых* символов (.) и в конце сопоставляем «is» в конце строки (\$). Приведем еще несколько примеров, которые демонстрируют использование кванторов.

### # Одна буква

```
echo "a" | grep -P "^a" # соответствие!  
echo "a" | grep -P "^a+" # соответствие!  
echo "a" | grep -P "^a*" # соответствие!  
echo "a" | grep -P "^a?" # соответствие!  
echo "a" | grep -P "^a{1}" # соответствие!  
echo "a" | grep -P "^a{1,}" # соответствие!  
echo "a" | grep -P "^a{0,1}" # соответствие!
```

### # Двойная буква

```
echo "aa" | grep -P "^a" # сопоставляется только первая буква  
echo "aa" | grep -P "^a+" # полное соответствие!  
echo "aa" | grep -P "^a*" # полное соответствие!  
echo "aa" | grep -P "^a?" # Только первая буква соответствует  
echo "aa" | grep -P "^a{1}" # сопоставятся только первая буква  
echo "aa" | grep -P "^a{1,}" # соответствие!  
echo "aa" | grep -P "^a{0,1}" # сопоставляется только первая буква  
echo "aa" | grep -P "^a{0,1}$" # Нет никакого соответствия!
```

### # Использование метасимволов

```
echo "a" | grep -P "^w" # соответствие!  
echo "a" | grep -P "^w+" # соответствие!  
echo "a" | grep -P "^w*" # соответствие!  
echo "a" | grep -P "^w?" # соответствие!  
echo "a" | grep -P "^w{1}" # соответствие!  
echo "a" | grep -P "^w{1,}" # соответствие!  
echo "a" | grep -P "^w{0,1}" # соответствие!
```

### # Другое использование метасимволов (соответствие чему-либо, кроме цифр)

```
echo "a" | grep -P "^D" # соответствие!  
echo "a" | grep -P "^D+" # соответствие!  
echo "a" | grep -P "^D*" # соответствие!  
echo "a" | grep -P "^D?" # соответствие!  
echo "a" | grep -P "^D{1}" # соответствие!  
echo "a" | grep -P "^D{1,}" # соответствие!  
echo "a" | grep -P "^D{0,1}" # соответствие!
```

### # 10 разных способов найти одно и то же слово

```
echo "regexp" | grep -P "regexp" # соответствие!  
echo "regexp" | grep -P "^regexp" # соответствие!  
echo "regexp" | grep -P "^regw*" # соответствие!  
echo "regexp" | grep -P "^regw*$" # соответствие!
```

```

echo "regex" | grep -P "^\\w*$" # соответствие!
echo "regex" | grep -P "\\w*" # соответствие!
echo "regex" | grep -P "^\\w+" # соответствие!
echo "regex" | grep -P "^regex\\w?$" # соответствие!
echo "regex" | grep -P "\\D{1,}" # соответствие!
echo "regex" | grep -P "^\\S{1}\\w+$" # соответствие!

```

Как можно видеть в последних примерах, есть много способов сопоставить один и тот же текст. Целых сорок различных регулярных выражений, все соответствуют строке «regex»! И это даже без учета метасимвола, который сейчас рассмотрим.

Все это время классы символов, которые представляют собой выражения, содержащиеся в [ ], даже не были упомянуты. Они пропущены потому, что при их использовании, меняется поведение правил. Метасимволы ( . ^ \$ \* + ? { } [ ] \ | ( ) ) меняют свое поведение, если их поместить в квадратные скобки, более того, можно создавать регулярные выражения без выражений в 99% случаев! Классы символов позволяют упрощать выражения, поэтому посвятим им немного времени.

Например, следующий класс символов представляет одну из букв нижнего регистра в алфавите, но только одну, так как добавлен квантор [a-z]{1}. Аналогично можно задать только первые тринадцать букв латинского алфавита: [a-m]. Это распространяется и на цифры. Выражение [0-9] сопоставляется с одной из цифр, и эквивалентна классу \d. Выражение [0-9a-zA-Z\_] представляет все символы английского алфавита и точно эквивалентен \w.

Теперь те, кто пользовался [0-9] могут смело переходить на использование \d! Такой подход позволяет, как минимум, сокращать размер выражения. Выражения со скобками полезны, если полный класс не является допустимым в решении задачи. Например, нужны только цифры от 1 до 5. Т.к. нет соответствующего класса, нужно использовать [1-5].

При использовании классов символов, есть несколько проблем, на которые надо обратить внимание. Проблемы возникают при использовании метасимволов в квадратных скобках. Автор не рекомендует так делать, т.е. пробовать использовать метасимволы в ([ ]), но если это необходимо, вот несколько правил.

- Символ «^» теперь не обозначает «начало строки». Теперь это символ отрицания (дополнения).

```

# This expression will match. Первый символ "^" означает "начало строки",
# однако второй "^" (внутри квадратных скобок) означает "отрицание"
# (дополнение). Следовательно, это выражение будет соответствовать
# одному или более символам в начале строки, не являющихся цифрами.

```

```
echo "regex" | grep -P "^[^0-9]+"
```

- Символ «.» соответствует символу «точка», если помещен в квадратные скобки

```

# Можно подумать, что это выражение соответствует строке, но это не так.
# Это выражение соответствует одному или более символам "точка",
# находящихся в начале строки.

```

```
echo "regex" | grep -P "^[.]+"
```

```

# А вот это выражение соответствует!

```

```
echo "regex ..." | grep -P "^regex[.]+"
```

Наконец, особенными являются метасимволы | и (). Они оба относятся к теме «группы». Они позволяют группировать различные части вашего регулярного выражения. Если

регулярное выражение сильно длинное, бывает полезно сгруппировать различные его части. Причина, по которой мы не затрагивали эту тему, заключается в том, что эта тема гораздо более полезна в программах на обычных языках программирования, таких как Python. В программах, использующих регулярные выражения, можно ссылаться на разные группы регулярных выражений, после получения удачного соответствия. В рамках bash регулярные выражения эти функции, как правило, не используются.

В оставшейся части этого раздела рассмотрим практический пример использования новых навыков составлений регулярного выражения. Попробуем решить проблему двумя разными способами, используя два разных типа синтаксиса регулярных выражений, и продемонстрируем различные способы решать задачи.

### 2.1.1. Подробный пример использования регулярного выражения

Пусть задан следующий файл с именем `email-addresses.txt` :

```
jon23@gmail.com
bob879@yahoo.com
not an email
sally2@customsite.com
fred.jones@hotmail.com
not an email address
```

Изучение вариантов использования регулярных выражений для распознавания всех четырех адресов продемонстрирует множество рассмотренных концепций. Начнем с сопоставления всех символов при помощи метасимвола `.`, сопоставление начинается с начала каждой строки (`^`).

```
cat email-addresses.txt | grep -P "^.+"
```

Полученное выражение означает, что начиная с начала каждой строки ищем *любой* символ (за исключением концов строк) в количестве один или более символов. Можно легко написать это выражение иначе.

```
cat email-addresses.txt | grep -P "^[^\\r\\n]{1,}"
```

Как видите, регулярные выражения можно использовать по-разному. В этой версии решается *та же* задача, но при помощи другого синтаксиса. Символ `^`, как и раньше обозначает начало строки. Символы `[^\\r\\n]` обозначают *любые* символы, которые *не* (`^`) являются концами строк (`\\r`, `\\n`). Обратите внимание, размещение `^` внутри выражения действует как отрицание, а не «начало строки». Помните, что символы ведут себя по-разному, когда они помещаются внутрь выражения, а также в наборы символов! Наконец, надо сопоставлять эти символы один или более раз, поэтому используется форма `{1,}`. Запятая после «1» означает, что надо именно 1 или *более* совпадений. В любом случае, если запустить сопоставление, все шесть строк текстового файла будут сопоставимы. Поскольку требуется найти только адреса электронной почты, нам нужно настроить выражение. Сделаем этот также разными способами, которые **делают одно и то же**.

```
cat email-addresses.txt | grep -P "^[^\\r\\n]{1,}@.{1,}"
cat email-addresses.txt | grep -P "^.+@.+"
```

Два приведенных выше выражения соответствуют четырем адресам электронной почты, исключая две другие строки. Все, что нужно было сделать, – это добавить символ «@», до и после него – наборы любых символов (кроме концов строк). Замечательно, но что будет, если изменить текстовый файл так, чтобы он выглядел так:

```
jon23@gmail.com
bob879@yahoo.com
not an email
sally2@customsite.com
this line has an @ symbol in it so it will mess with our regex
fred.jones@hotmail.com
not an email address
```

Теперь, если запустить регулярные выражения, в результате сопоставлены будут все адреса электронной почты, а также и новая добавленная строка. Как видите, в зависимости от сложности текста, возможно, придется попробовать различные варианты выражений, прежде чем получится правильное регулярное выражение. Нужно изменить правую половину регулярного выражения на следующий вариант.

```
cat email-addresses.txt | grep -P "^[^\r\n]{1,}@.{1,}\.com"
cat email-addresses.txt | grep -P "^.+@.+\.com"
```

Теперь снова сопоставляются только адреса электронной почты. Все, что сделано, – это добавление `\.com` в конце регулярного выражения, при этом требуем *буквального* совпадения (пришлось «экранировать» точку, в противном случае она относится ко всем символам, как это было в предыдущих вариантах выражений). Чтобы экранировать специальный символ, используется обратная косая черта непосредственно перед экранируемым символом. Но что, если изменить текстовый файл еще раз следующим образом?

```
jon23@gmail.com
bob879@yahoo.com.yahoo.com
not an email
sally2@customsite.net
this line has an @ symbol in it so it will mess with our regex
fred.jones@hotmail.com
not an email address
```

Здесь сделано два изменения. Во-первых, добавлен недействительный адрес электронной почты «bob879@yahoo.com.yahoo.com», очевидно неправильный электронный адрес, надо выкинуть его из результата. Второе – «sally2@customsite.net» теперь без домена «.com» в конце, и выражение его теперь не находит.

Изменим еще раз регулярные выражения, чтобы они соответствовали только действительным адресам электронной почты.

```
cat email-addresses.txt | grep -P "^[^\r\n]{1,}@[a-zA-Z0-9]{1,}(.com|.net){1}"
cat email-addresses.txt | grep -P "^.+@w+ (.com|.net){1}"
```

Эти примеры приблизили нас к решению задачи. В обоих выражениях заменена строка `\.com` на `(.com|.net){1}`, чтобы искать *или* «.com» или «.net» в email в точности один раз. Затем в первом регулярном выражении заменен `.{1,}` на `[a-zA-Z0-9]{1,}`, который теперь не будет соответствовать «yahoo.com.yahoo.com», так как точки не входят в набор



символов. Аналогично во втором выражении `.` + заменено на `\w+`, что распознает эти же подстроки. Единственная проблема, которая еще не решена, заключается в том, что регулярные выражения по-прежнему соответствуют первой части «bob879@yahoo.com.yahoo.com». Эта строка *вообще* не должна быть сопоставлена. Чтобы исправить это, модифицируем еще раз выражения.

```
cat email-addresses.txt | grep -P "^[^\\r\\n]{1,}@[a-zA-Z0-9]{1,}(.com|.net){1}$"  
cat email-addresses.txt | grep -P "^.+@\\w+(.com|.net){1}$"
```

Все, что было сделано, – это добавление `$`, сопоставляемый с концом строки. Так же, как символ `^` обозначает начало строки, использование `$` в конце выражений указывает конец этой же строки. Последнее изменение устраняет неверные адреса электронной почты!

## 2.2. Сценарии Bash

В руководстве рассмотрено много команд и концепций. Большинство изученных команд (за исключением `awk`) предназначены только для использования в командной строке, но что, если попробовать поместить некоторые из них в сценарий (программу на языке `bash`)? В принципе, всегда можно набить длинную и сложную команду в командной строке и выполнить ее, но она не будет сохранена, а набивать ее каждый раз совсем неудобно. Разработка сценариев `bash` решает эту проблему, позволяя писать обычные команды `bash` в файле сценария, а затем исполнять его. Сценарии полезны при решении повторяющихся задач. Например, бывает необходимо ежедневно очищать определенную папку на компьютере и помещать ее содержимое в папку-архив с текущей датой. Такие задачи решаются при помощи сценариев `bash`. Далее рассмотрим как это делается. В-первых, нам нужно понять основы разработки сценариев.

Самая простая форма файла сценария показана ниже. Файл скрипта называется `simple-script.sh` где `.sh` – это расширение файла для сценария (оно необязательно должно быть таким, но рекомендуется именно так его задавать). Системные разрешения на этот файл – 744, что означает, что только владелец скрипта может его изменять и запускать на исполнение.

```
#!/bin/bash
```

```
echo "I am a useless, basic script"
```

Запуск скрипта осуществляется двумя способами.

```
bash simple-script.sh
```

```
./simple-script.sh
```

Обратите внимание, что в верхней части файла есть что-то, называемое «шебанг» (`#!/bin/bash`), сообщающий операционной системе интерпретатор, который будет исполнять файл-скрипт. В примере сообщается, что он скрипт исполняется оболочкой `bash`, которая находится в директории `/bin` на компьютере. В принципе этот шебанг необязательно вставлять в файл поскольку в большинстве случаев оболочка `bash` и так будет выполнять сценарии по умолчанию, однако добавления его в скрипт – это хорошая практика, улучшающая переносимость кода скрипта.



Приведенный пример рабочий, но, очевидно, бесполезен. В этом разделе приведем наиболее важные компоненты сценария bash, включая темы

- объявления переменных,
- встроенные переменные,
- параметры запуска программы,
- чтение пользовательского ввода,
- циклы «for»,
- оператор «if-then».

Используя эти концепции можно выполнить 95% задач. Конечно, есть задачи, при решении которых вышеуказанных концепций будет недостаточно, тем не менее рассмотрим только часто используемые конструкции. Далее в этом разделе будем полагать, все изменения вносятся каждый раз в один и тот же файл `shell-scripting-basics.sh`, и именно он, затем, запускается, если не оговорено иное.

### 2.2.1. Объявления переменных

```
MY_VARIABLE="значение"
```

```
echo $MY_VARIABLE
echo "Переменные также могут использоваться в строках, ограниченных \
двойными кавычками: $MY_VARIABLE"
echo 'Но не в строки, ограниченные одинарными кавычками. \
Значения переменной $MY_VARIABLE не будет отображено'
```

Объявление и использование переменных в сценариях bash достаточно просто, поэтому не будем тратить много времени на них.

### 2.2.2. Встроенные переменные

Есть несколько встроенных переменных, которые можно использовать в сценарии bash. Они перечислены ниже.

```
echo $0 # Вывести наименование скрипта - shell-scripting-basics.sh
echo $1 # Выводит первый аргумент скрипта
echo $2 # Вывести второй аргумент скрипта
echo $3 # Вывести третий... надо далее продолжать???
echo $# # Выводит количество аргументов, переданных скрипту
echo $@ # Выводит все аргументы, переданные скрипту
echo $$ # Выводит число – идентификатор процесса (process ID)
echo $? # Выводит код завершения предыдущего процесса
```

### 2.2.3. Аргументы командной строки

Сценарий bash может принимать аргументы через командную строку. Выполним следующий сценарий.

```
#!/bin/bash

echo "Скрипт $0 вычисляет: " $((($1+$2))
```

```
./shell-scripting-basics.sh 3 9
```

```
# Скрипт ./shell-scripting-basics.sh вычисляется в: 12
```

Данный скрипт вычисляется в «Скрипт ./shell-scripting-basics.sh вычисляется в: 12»

#### 2.2.4. Чтение пользовательского ввода

Можно производить чтение пользовательских данных в программе сценария. Это похоже на чтение аргументов из командной строки, но данные (значения переменных) вводятся пользователем во времени выполнения программы.

```
#!/bin/bash

# Производим чтение пользовательских данных в переменную_input
read user_input

echo "Пользователь ввел: $user_input"

./shell-scripting basics
введенные данные
Пользователь ввел: введенные данные
```

Если надо защитить (скрыть) ввод пользователя (например, для ввода пароля), добавляется `-s` в начале команды:

```
read -s user_input
```

#### 2.2.5. Циклы for

Синтаксис цикла в `bash` следующий.

```
#!/bin/bash

for item in $@; do
    echo $item
done
```

В этом сценарии перебираются все переданные программе аргументы. Напомним, что `$@` - встроенная переменная, содержащая значения всех аргументов программы. Можем определить массив переменных в `bash`, и также перебрать их.

```
#!/bin/bash

declare -a my_array=('string 1', 'string 2', 'string 3')

for item in "${my_array[@]}"; do
    echo $item
done
```

Как видите, форма представления массивов в bash немного странная. Можно использовать цикл `for` для перебора множества файлов. Такие операции очень часто можно найти в сценариях, и вам, возможно, придется разрабатывать что-то подобное.

```
#!/bin/bash

# Перейти в домашний каталог
cd ~/

# Символ * обозначает все файлы и подкаталоги в текущем каталоге
# Этот скрипт, по сути, команда `ls`
for item in *; do
    echo $item
done
```

### 2.2.6. Оператор if-then

Оператор оставлен `if-then` напоследок, потому что он немного сложен для понимания. Форма представления выражений проверки истинности, которая используется в операторе `if-then`, базируется на команде `test` команды, ее детальная информация представлена в руководстве `man test`. Для большинства команд в bash справочные страницы труднопони- маемые и обычно бесполезны для поиска «быстрых» ответов. Странно, что справочная страница для `test` проста и понятна. Поэтому не будем перечислять все доступные вариан- ты использования `test` и предполагаем знакомиться с руководством `test`. Ниже показано простое использование `test` в командной строке (вне сценария).

```
test 2 -eq 2; echo $?
# 0

test 2 -eq 3; echo $?
# 1
```

Запустив эти две команды, получим результат 0 или 1. Эти числа являются значениями завершения команды `test` и хранятся во встроенной переменной `?`. Каждая показанная выше строка на самом деле представляет собой две команды. Первая команда – провер- ка условия, а вторая – печать кода выхода предыдущей команды (которая была `test`). Использование `test` в сценарии в операторе `if-then` выглядит следующим образом:

```
#!/bin/bash

if [ 2 -eq 2 ]; then
    echo "2 действительно равно 2!"
fi
```

Будет напечатано «2 действительно равно 2» потому, что выражение истинно (код выхода 0). Также можно вычислять другие условные выражения. Например, можно про- сматривать все файлы в домашнем каталоге, и если очередной файл является подкаталогом, печатаем «\$name - это каталог», а если нет – «\$name - это файл».

```
#!/bin/bash

cd ~/

for name in *; do
    if [ -d $name ]; then
        echo "$name - это каталог!"
    else
        echo "$name - это файл!"
    fi
done
```

Флаг `-d` проверяет, является ли `name` каталогом. Если это так, возвращается истина (код выхода 0).

Теперь, когда вы знакомы с основами создания сценариев `bash`, можно перейти к практическому примеру проверки определенной папки на наличие файлов и их перемещения в архив. Будем проверять каталог на наличие файлов, которые не изменялись в течение семи или более дней, если это так, то помещаем их в папку архива с текущей датой. Скрипт будет использовать команду `find`, которую изучили ранее!

```
#!/bin/bash

todays_date=$(date +%Y-%m-%d)

# Сначала проверить, существует ли папка с архивами
if [ ! -d '/home/zach/archives/' ]; then
    mkdir /home/zach/archives/
fi

# Проверить, создана ли папка с текущей датой
if [ ! -d "/home/zach/archives/$todays_date" ]; then
    mkdir /home/zach/archives/$todays_date
fi

# Здесь немного запудренное выражение. Выражение подсмотрено
# на StackOverflow, оно передает (pipe) вывод команды find
# в цикл do-while, потому что команда exec в find приводит
# к ошибке отказа в доступе, если запущена в скрипте
find /home/zach/folder-to-clean -type f -mtime -7 |
while read filename
do
    mv $filename /home/zach/archives/$todays_date/
done
```

### 2.2.7. Функции

Язык программирования – это не язык программирования, если в нем нет функций. Рассмотрим базовый синтаксис для создания и последующего вызова функции в сценарии `bash`.

```
some_function () {  
  
# Если вы передадите аргументы в эту функцию, то функция их распечатает  
    if [ $# -eq 0 ]; then  
# Функции не были переданы аргументы  
эхо «Я – функция, и мне не было передано никаких аргументов»  
    else  
# Передан как минимум один аргумент, производим печать их всех  
        echo "я здесь"  
        echo $@  
    fi  
  
# Возврат значения из функции, которое доступно позже  
# с помощью встроенной переменной $?  
    return 20  
}  
  
# вызов функции  
some_function  
  
# вызов нашей функции с аргументами  
some_function "аргумент 1" "аргумент 2"  
  
# Печать возвращаемого значения 20  
echo $?
```

Есть практически бесконечное количество возможностей использования сценариев bash. Пишите свои скрипты, и будет вам счастье!

## 2.3. Виртуальные машины и протокол SSH

Эта тема может довольно обширна, поэтому, как и прежде, не будем сильно углубляться. Рассмотрим только следующее:

- Как настроить открытую и закрытую пару ключей для доступа по ssh;
- Добавление ключей в ssh-agent (если приемлемо);
- Как использовать SSH для подключения к удаленному компьютеру;
- Как передавать файлы между локальным и удаленным компьютером с помощью scp;
- Как скачивать файлы из интернета;
- Как использовать VSCode с вашим VPS.

В дальнейших примерах в основном использован хостинг в компании Digital Ocean, настройка и подключение к виртуальному частному серверу в Digital Ocean также будет продемонстрировано. Эти концепции применимы повсеместно, независимо от того, используются ли AWS, Azure и т.д. Когда создается VPS в Digital Ocean, также называемый «капля», программное обеспечение хостинга спрашивает пользователя, хочет ли он подключиться к машине с помощью пароля или ключа SSH. Очень удобно подключаться

при помощи SSH-ключа, поэтому сначала покажем, как создать этот ключ на локальном компьютере. Процесс подключения к VPS состоит из следующих шагов.

1. Пользователь создает пару ключей SSH (закрытый и открытый) на локальном компьютере.
2. Пользователь копирует *открытый* ключ в поле SSH хостинг-провайдера при настройке хоста.
3. Подключение пользователя осуществляется через SSH, SSH проверит открытый и закрытый пару ключей, хранящиеся на локальном компьютере в каталоге `~/.ssh` с открытым ключом, хранящимся на VPS.
4. Если ключи подтверждены, пользователь получает удаленный доступ к VPS, а ваш IP-адрес сохраняется как «известный хост» на VPS.

Итак, первый шаг требует создание пары ключей. Это делается в ОС Mac и Linux с помощью пакета OpenSSH. В терминале вводится следующую команду.

```
ssh-keygen
```

Будет задан вопрос о каталоге, где будет храниться ключ. Правильное местоположение – каталог `~/.ssh`, но можно задать ему любое имя. Когда команда `ssh-keygen` запросит пароль, просто дважды нажмите ввод ничего не вводя, потому что нам не нужно защищать ключ паролем, поскольку мы используем этот ключ для идентификации локального компьютера. Новый ключ сохраняется, например, в `/home/zach/.ssh/id_digitalocean_rsa`.

Теперь нужно вывести на экран и скопировать в буфер обмена открытую часть ключа. Для этого надо набрать команду:

```
cat ~/.ssh/id_digitalocean_rsa.pub
```

Обращаем внимание на `.pub` в конце. Каждый раз, как создается пара ключей, один из них, `.pub`, всегда присутствует. Скопировав содержимое этого файла, вставьте его в поле ключа SSH в соответствующее поле при регистрации виртуальной машины хостинг-провайдера. В Digital Ocean это делается так (рис. 2.1).

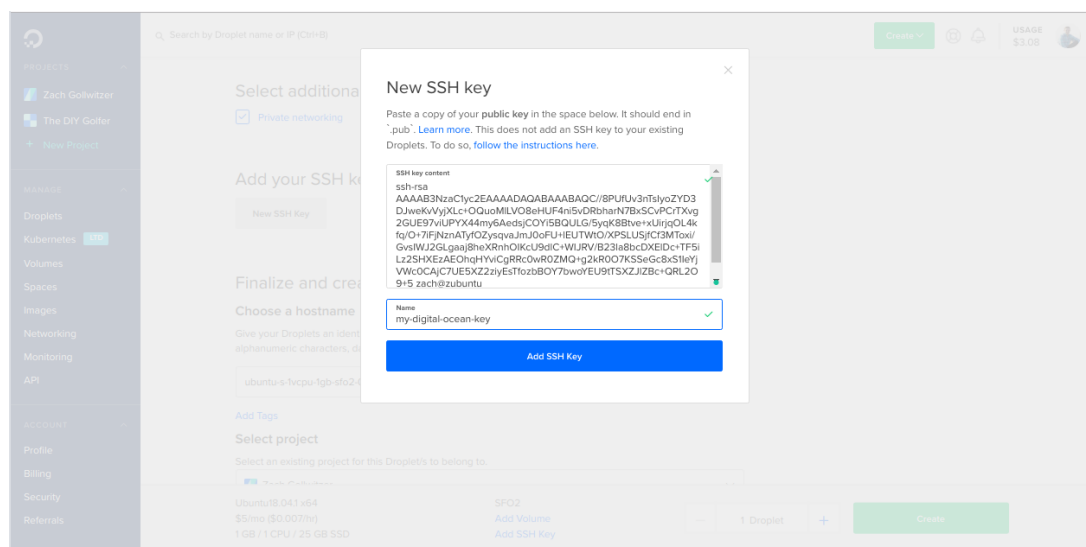


Рис. 2.1. Регистрация пользователя виртуальной машины на DigitalOcean

Как только это сделано, можете создавать свою виртуальную машину. Теперь надо найти IP-адрес новой виртуальной машины и ввести в терминале следующую команду.

```
ssh -p 22 root@157.230.167.2
```

Если все сделано правильно, команда подключит текущий терминал к новому VPS без вопросов.

### 2.3.1. Добавление постоянных ключей в ssh-agent

Обычно это не проблема для Linux, но на Mac нужно будет изменить некоторые настройки по умолчанию. По умолчанию любой ключ, который не является файлом `id_rsa` не будет добавлен ни в программу `ssh-agent`, ни в «связку ключей» Mac. Каждый раз, когда надо подключиться к виртуальной машине, нужно будет добавлять ключ `ssh`. Например, есть ключ под названием `digital-ocean`, который используется для входа цифровые «капли океана».

```
# Загружает необходимые переменные среды
eval `ssh-agent -s`
```

```
# Добавляется ssh key
ssh-add -K ~/.ssh/digital-ocean
```

```
# Подключение
ssh -p 22 root@<some-ip-address>
```

Чтобы избежать таких повторений при входе в систему Mac нужно будет изменить `~/.ssh/config` и добавить следующие строки.

```
Host *
  UseKeychain yes
  AddKeysToAgent yes
  IdentityFile ~/.ssh/id_rsa
  IdentityFile ~/.ssh/digital-ocean
```

Указание поля `Host *` обозначает возможность подключения к любому серверу. Символ `*` можно заменить доменом, например `github.com`. Кроме того, настройка сообщает агенту использовать связку ключей, добавлять ключи и использовать два файла идентификации, перечисленные как «пароли» к удаленным соединениям.

### 2.3.2. С локального компьютера на удаленный

Далее покажем, как передавать файлы между локальным и удаленным компьютером. Для этого используется утилита `scp`. Например, загрузим `sample-file.txt` на удаленную машину:

```
scp -r sample-file.txt root@157.230.167.2:~/
```

В результате файл `sample-file.txt` будет загружен, используя пользователя `root`, файл будет помещен в домашний каталог `~/` на удаленной машине. Можно указать любое месторасположение размещения файлов на удаленном компьютере. Оно указывается после `:`, которое после IP-адреса.

### 2.3.3. С удаленного компьютера на локальный

Чтобы загрузить файл с удаленного компьютера на локальный надо запустить следующую команду.

```
scp -r root@157.230.167.2:~/sample-file.txt ~/Downloads
```

Загруженный файл будет помещен в папку ~/Downloads локального компьютера.

### 2.3.4. Загрузка пакетов на удаленный компьютер с помощью wget

Иногда нужно загрузить пакеты программного обеспечения из Интернета на VPS. Поскольку нет графического интерфейса, нужно выполнить команду в командной строке. Допустим, по какой-то причине надо загрузить картинку Google на VPS. Вот няшная картинка хаски - [https://cdn.orvis.com/images/DBS\\_SibHusky.jpg](https://cdn.orvis.com/images/DBS_SibHusky.jpg) Загрузить ее это на наш VPS можно, используя следующую команду.

```
wget -O my-custom-picture.jpg https://cdn.orvis.com/images/DBS_SibHusky.jpg
```

В результате фотография будет загружена и сохранена как my-custom-picture.jpg в каком-либо каталоге, в котором потом можно ее можно обрабатывать различными командами и программами.

### 2.3.5. Использование VSCode через удаленное соединение

Конечно, можно использовать текстовый редактор Vim для решения всех задач в разработке программ прямо на VPS, но хорошо иметь под рукой многофункциональный текстовый редактор, такой как VSCode. Редактор VSCode может использоваться для редактирования файлов на VPS, это достигается при помощи команды `rmate`. Для включения этой функции откройте в VSCode и загрузите расширение (extension) под названием «Remote VSCode». После загрузки откройте настройки, набрав `ctrl-shift + P` и набрав «>Preferences:Open User Settings». Пролистайте вниз и найдите раскрывающийся список «Extensions» и выберите «Remote VSCode». Далее требуется добавить следующие настройки:

```
Remote Host: 127.0.0.1
```

```
Remote Port: 52698
```

```
Remote Onstartup: True (will be a checkbox)
```

Наберите `ctrl-shift-P` и «>Remote: Start Server». Это запустит удаленный сервер. Теперь в локальном терминале наберите команду подключения к VPS.

```
ssh -R 52698:127.0.0.1:52698 root@157.230.167.2
```

Замените IP-адрес своим. Затем установите утилиту `rmate` на VPS.

```
sudo wget -O /usr/local/bin/rmate \
https://raw.githubusercontent.com/aurora/rmate/master/rmate
sudo chmod a+x /usr/local/bin/rmate
```

Редактировать файлы на VPS с помощью VSCode теперь можно, если выполнить команду в командной строке VPS!

```
rmate sample-file.txt
```



## 2.4. Управление сетью в командной строке

Приобретение навыков управления сетью в командной строке — это огромная и интересная задача. По этой теме написано много книг и учебников, поэтому не будем рассматривать все вопросы. В этом разделе описаны наиболее распространенные сетевые утилиты `bash`, которые можно использовать для диагностики сетевых проблем на компьютере. Если вы совершенно не знакомы с концепциями сетей, то некоторый базовый уровень знаний можно получить, читая этот раздел.

### 2.4.1. Сеть в доме и доступ в Интернет

Чтобы разобраться в командах, которые далее будут запускаться, нужно иметь хотя бы базовое понимание сетевых технологий.

1. Беспроводная карта компьютера;
2. Маршрутизатор;
3. Модем;
4. Что такое Интернет-провайдер (ISP);
5. Система доменных имен (DNS), серверы имён, регистраторы.

Иногда модем и маршрутизатор — это одно и то же, но здесь для лучшего понимания темы предполагается, что они разные физические устройства. К концу раздела *вы получите понимание на высоком уровне, что происходит, когда вы набираете «[www.thediygolfer.com](http://www.thediygolfer.com)» в браузере*. Выбран именно этот сайт, потому что он принадлежит Заку (автору данного руководства). Это позволит понять компоненты, составляющие технологии. Эти концепции сложно объяснить с помощью сложных веб-сайтов, таких, как [www.google.com](http://www.google.com) потому что их инфраструктура очень сложна. Эти же концепции применимы независимо от того, какой веб-сайт вы посещаете, но будем следовать правилу “как можно проще”.

*Примечание: некоторые IP-адреса и адреса серверов изменены на протяжении всего руководства, чтобы защитить конфиденциальность Зака, однако указанные изменения не влияют концептуально на излагаемый материал.*

Начнем с диаграммы, которая демонстрирует процесс поиска веб-сайта (рис. 2.2).

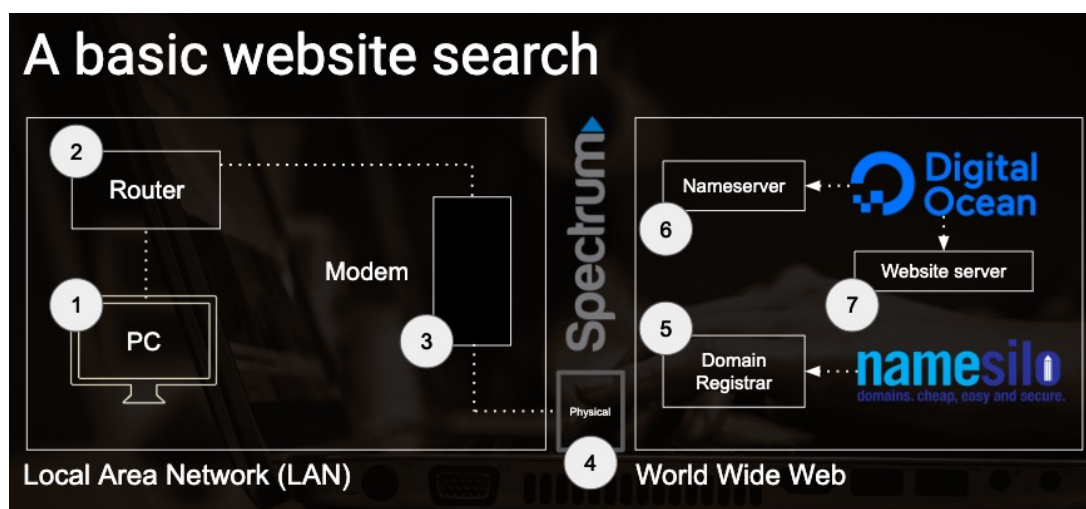


Рис. 2.2. Процедура загрузки интернет-страницы

Каждый фрагмент технологии пронумерован и иллюстрирует общий поток информации при выполнении поиска в Интернете. В большинстве случаев все начинается с шага №1, тут необходимо понимать, что такое интернет-провайдер (ISP, Internet Service Provider) и какие услуги он предоставляет. Количество предоставляемых сервисов интернет-провайдерами во многих случаях сбивают с толку, будем считать, что интернет-провайдеры предлагают только доступ Интернет. Интернет-провайдер – это компания, которая владеет оборудованием и подключает к этому оборудованию клиентов, таким образом предоставляя ему интернет-услуги. О каком оборудовании мы говорим? Многие интернет-провайдеры обладают оборудованием для передачи аналоговых сигналов, известных как «Интернет».

- Коаксиальные кабели, что сейчас уже не встречается;
- Кабели неэкранированной витой пары (UTP, 100 МГц);
- Кабели с экранированной витой парой (STP);
- Волоконно-оптические кабели (самый быстрый тип, много оптики лежит на дне океана).

Технологии предоставляют несколько способов «доставки» Интернета в дом, но наиболее распространенным является «провода» UTP. Другие варианты включают подземные кабели и при помощи спутниковых тарелок. Передача интернета «по проводам» часто сбивает людей с толку, потому что, исходя из названия, можно предположить, что только телефонные сигналы могут передаваться по телефонным проводам. Но это не наш случай, Интернет ранее функционировал на инфраструктуре телефонной системы, и в настоящее время в каждом телефонном проводе организовано несколько каналов связи. Это называется «широкополосным доступом», и по этой причине можно одновременно разговаривать по телефону, смотреть Netflix и искать информацию в Интернете. Раньше приходилось использовать «дозвон», когда пользователи буквально «звонили» по телефонной линии для доступа в Интернет.

Независимо от того, какой метод подключения к Интернету использует интернет-провайдер, всегда сталкиваемся с одной и той же проблемой. Сигналы, проходящие по телефонной линии до вашего интернет-провайдера *аналоговые*, в то время как работа компьютера соответствует *цифровой* технологии передачи сигналов (единицы и нули). Вот где используется устройство-модем.

Модем принимает аналоговый сигнал, преобразует его в цифровой и отправляет на маршрутизатор. Пока нам не важно, что делает маршрутизатор, но теперь есть начальная информация, необходимая для понимания диаграммы. Интернет-провайдеры владеют тоннами проводов и инфраструктурой, к которой подключаются миллионы людей, а также между провайдерами существуют соединения. Это составляет Интернет, и он поставляется в дом через телефонные провода, подземные кабели или спутник. При достижении дома, он преобразуется в цифровые сигналы модемом и отправляется на маршрутизатор. Теперь наш вопрос: что маршрутизатор делает с сигналом?

Это сложный вопрос, так как теперь рассмотрим поток информации, начиная с первого звена в цепи – компьютера. Подключение к Интернету, предоставляемое провайдером, бесполезно, если оно не используется, поэтому сначала нужно сделать интернет-запрос, чтобы увидеть его в действии. Как уже упоминалось, Для выполнения поиска на главной странице сайта [www.thediygolfer.com](http://www.thediygolfer.com)

Запускаем компьютер, открываем браузер (в данном случае Google Chrome) и набираем «[www.thediygolfer.com](http://www.thediygolfer.com)» в строке адреса. Нажимаем ВВОД. Теперь, используя эту информацию, браузерное приложение «должно отправиться в путешествие по всемирной паутине», чтобы найти веб-сайт. В простейшем случае веб-сайт – это набор файлов, находящихся

в серверном приложении, запущенном на каком-то компьютере где-то в мире. В нашем случае интересующий нас сайт находится где-то в Нью-Йорке.

Первый шаг, который предпримет компьютер, – это формирование базового HTTP-запроса GET. На данном уровне нужно только понимать, что это структурированный способ взаимодействия браузера. Вот этот GET-запрос.

```
GET / HTTP/1.1
Host: www.thediygolfer.com
Connection: keep-alive
Cache-Control: max-age=0
Upgrade-Insecure-Requests: 1
User-Agent: Mozilla/5.0 (X11; Linux x86_64) AppleWebKit/537.36 ...
Accept: text/html,application/xhtml+xml,application/xml;q=0.9, ...
Accept-Encoding: gzip, deflate, br
Accept-Language: en-US,en;q=0.9
```

Не будем разбирать каждую строку, посмотрим только на строку «Host: [www.thediygolfer.com](http://www.thediygolfer.com)». Эта информация вместе с остальной помещается в «packet», который затем отправляется маршрутизатору через соединение между маршрутизатором и беспроводной картой вашего компьютера. Как только он достигнет маршрутизатора, устройство будет действовать как «сортировочная машина» и направлять запрос туда, куда нужно. Настоящий вопрос: как маршрутизатор узнает, куда должен идти этот запрос?

Здесь появляется система доменных имен (DNS). По всему миру тысячи серверов работают для одной общей цели – преобразовать удобочитаемые доменные имена в IP-адреса. Другими словами, маршрутизатор знает, куда направить запрос, потому что у него есть доступ к серверу доменных имен. У каждого маршрутизатора есть DNS-сервер по умолчанию, который он использует. Маршрутизатор использует сервер доменных имен, расположенный по адресу 208.67.222.123. Если набрать этот IP-адрес в специальном поисковый сайт, например <https://whatismyipaddress.com/ip>, будет получен следующий ответ.

```
IP: 208.67.222.123
Decimal: 3494108795
Hostname: resolver1-fs.opendns.com
ASN: 36692
ISP: OpenDNS, LLC
Organization: OpenDNS, LLC
Services: None detected
Type: Corporate
Assignment: Static IP
Blacklist:
Continent: North America
Country: United States us flag
Latitude: 37.751 (37° 45' 3.60'' N)
Longitude: -97.822 (97° 49' 19.20'' W)
```

Из ответа видно, что сервером DNS управляет OpenDNS LLC, известная интернет-компания, отслеживающая соответствие сайтов различным категориям пользователей. Другой хорошо известный DNS-сервер – это Google, работающий по IP-адресу 8.8.8.8.

```
IP:      8.8.8.8
Decimal:  134744072
Hostname:  google-public-dns-a.google.com
ASN:      15169
ISP: Google
Organization:  Google
Services:  None detected
Type:      Corporate
Assignment: Static IP
Blacklist:
Continent: North America
Country: United States us flag
Latitude:  37.751 (37° 45' 3.60'' N)
Longitude: -97.822 (97° 49' 19.20'' W)
```

Итак, маршрутизатор связался со своим DNS-сервером по умолчанию, который затем выполнил поиск адреса «[www.thediygolfer.com](http://www.thediygolfer.com)». Предполагая, что DNS-сервер не найдет его сразу в локальном кеше, поиск продолжится с базы данных корневого домена для .com, домена верхнего уровня, поддерживаемого компанией VeriSign. Информацию об этом можно узнать на сайте [IANA.org](http://IANA.org). Из данных корневой базы данных известно, где находится thediygolfer.com потому, что он зарегистрирован у официального регистратора NameSilo. При регистрации домена, сайт помещен в базу данных домена верхнего уровня .com, размещенную в Verisign. Поскольку сайт размещен на DigitalOcean, NameSilo было указано, что DNS-сервер, разыскивающий thediygolfer.com будет реализован средствами DigitalOcean, а именно:

```
173.245.58.51
173.245.59.41
198.41.222.173
```

Любой из этих трех серверов знает, какой IP-адрес соответствует thediygolfer.com. Возвращаясь опять к моменту, сервер OpenDNS пытался найти у себя IP для thediygolfer.com, но не сумев найти его, OpenDNS перенаправляет маршрутизатор в базу данных корневого домена, который, затем, нашел домен и перешел на серверы имен Digital Ocean, точно знающие, где находится физический сервер сайта. Далее, маршрутизатор рассчитывает оптимальный путь до сервера и пересылает пакет запроса в соответствующем направлении.

Сервер, на котором работает веб-сайт, находит запрошенный HTML-документ (домашняя страница), упаковывает его и отправляет обратно на запрашивающий IP-адрес (домашний компьютер). Пакеты будут доставлены на домашний маршрутизатор, но как маршрутизатор узнает, где находится компьютер? Маршрутизатор представляет собой (оснащает) «локальную сеть» и фактически имеет динамический внешний IP-адрес (DHCP), который время от времени меняется провайдером. Это обычная практика, отсылаемый в интернет запрос имеет текущий внешний IP-адрес домашней сети, при этом маршрутизатор, отправляющий информацию, умеет разделить устройства в локальной сети.

Пусть в локальной сети есть несколько устройств (ноутбук, настольный компьютер, принтер и т.д.). Для каждого устройства в домашней сети потребуется свой IP-адреса. Сети назначен IP-адрес, который соответствует «шлюз по умолчанию». Этот IP-адрес представляет все устройства в сети, через него уходит и входит трафик Интернет. Внутри локальной сети каждое устройство имеет уникальный IP-адрес в пределах адресного пространства

локальной сети, заданного соответствующей маской. Диаграмма, демонстрирующая схему вычисления параметров сети, изображена на рисунке 2.3.

IP Address of your Computer (base 8 or “dot” notation):	192.168.22.187
IP Address of your Computer (base 2 or “binary” notation):	11000000 10101000 00010110 10111011
Subnet Mask (base 8 or “dot” notation):	255.255.255.0
Subnet Mask (base 2 or “binary” notation):	11111111 11111111 11111111 00000000
<b>What is the Network IP address (the one your ISP assigns)?</b>	
Computer IP address (could be any device on network)	11000000 10101000 00010110 10111011
Subnet mask	11111111 11111111 11111111 00000000
Network Address (binary)	11000000 10101000 00010110 00000000
Network Address (dot notation)	192.168.22.0
Broadcast Address (dot notation)	192.168.22.255

Network Identifier Host Identifier

Address space  
8 bits = 256 possible IP  
addresses

Рис. 2.3. Вычисление параметров сети

- Ваш интернет-провайдер назначает вашей сети IP-адрес и маску подсети. Их объединение дает адрес «сети» или «шлюза по умолчанию». Другими словами, IP-адрес состоит из двух частей – идентификатора сети и идентификатора «адресного пространства» сети.
- Маски подсети используются для ограничения адресного пространства, используемого одной сетью. Адресное пространство – это диапазон IP-адресов, доступных для устройств в сети (например, 192.0.168.1, 192.0.168.2, 192.0.168.3, 192.0.168.4,..., 192.0.168.254)
- DHCP – это сервер (обычно работающий на маршрутизаторе), который назначает новому устройству IP-адрес, когда оно входит в сеть. Этот IP-адрес всегда будет в адресном пространстве, определенном маской подсети.

Продолжим. Пусть есть несколько пакетов данных, которые приходят с сервера веб-сайта и доставляются на наш маршрутизатор. Устройство, с которого вы выполняли поиск, обнаруживается маршрутизатором, данные веб-сайта доставляются на это устройство, и домашняя страница [www.thediygolfer.com](http://www.thediygolfer.com) отображается в браузере. Процесс реализуется за секунды (или даже миллисекунды). Обладая этими базовыми знаниями, теперь познакомимся с некоторыми командами `bash`, которые позволяют диагностировать проблемы с настройкой сети.

#### 2.4.2. Утилита `ifconfig`

Команда `ifconfig`<sup>1</sup> печатает некоторую информацию о настройке локальной сети. Эту команду также можно использовать и для установки новых настроек, но нам достаточно просто посмотреть на результат. Наберите `ifconfig` в терминале, в результате получится результат, похожий на следующий.

```
enp37s0: flags=4099<UP,BROADCAST,MULTICAST> mtu 1500
        ether 70:85:c2:7c:ff:f2 txqueuelen 1000 (Ethernet)
        RX packets 0 bytes 0 (0.0 B)
```

<sup>1</sup> В современных Linux-дистрибутивах намного чаще используется более мощная утилита `ip` пакета `iproute2`.

```
RX errors 0   dropped 0   overruns 0   frame 0
TX packets 0   bytes 0 (0.0 B)
TX errors 0   dropped 0   overruns 0   carrier 0   collisions 0

enx000f00de66da: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
inet <hidden for privacy> netmask 255.255.255.0 broadcast ...
inet6 <hidden for privacy> prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
ether 00:0f:00:de:66:da txqueuelen 1000 (Ethernet)
RX packets 265073 bytes 821138812 (821.1 MB)
RX errors 0   dropped 1451 overruns 0   frame 0
TX packets 44132 bytes 102041651 (102.0 MB)
TX errors 0   dropped 2100 overruns 0   carrier 0   collisions 0

lo: flags=73<UP,LOOPBACK,RUNNING> mtu 65536
inet 127.0.0.1 netmask 255.0.0.0
inet6 ::1 prefixlen 128 scopeid 0x10<host>
loop txqueuelen 1000 (Local Loopback)
RX packets 752935 bytes 54372769 (54.3 MB)
RX errors 0   dropped 0   overruns 0   frame 0
TX packets 752935 bytes 54372769 (54.3 MB)
TX errors 0   dropped 0   overruns 0   carrier 0   collisions 0
```

В данной конфигурации есть три записи. Нижняя запись, относящаяся к интерфейсу «lo», представляет собой конфигурацию интерфейса обратной связи, его адрес 127.0.0.1, localhost, он обычно используется для разработки веб-приложений. Первая запись «enp37s0» кажется пустой конфигурацией. Средняя запись «enx000f00de66da» отображает IP-адрес устройства, подключенного к маршрутизатору локальной сети, маску подсети и широковещательный адрес этой сети.

Вот где понимание IP-адресов и подсетей в локальной сети полезно, потому что указанный адрес INET на самом деле не является общедоступным IP-адресом, распознаваемым маршрутизаторами Интернета. Этот IP-адрес является *локальным*, который нужно преобразовать во «внешний» IP-адрес сети. Также указан широковещательный адрес, но он легко вычисляется IP-адреса устройства и маски сети.

Если набрать `ifconfig` на другом компьютере в локальной сети, широковещательный адрес и маска подсети не изменятся, но IP-адрес будет уже другой. Также в показанных выше настройках есть еще важные данные, такие, как максимальный размер пакета (MTU) и счетчики пакетов RX/TX, которые указывают, сколько пакетов было передано в локальную сеть и посланы из нее. Эти значения постоянно увеличиваться.

### 2.4.3. Программа ping

Программа `ping` – утилита, используемая для проверки связи между устройствами в локальной сети или даже между устройствами за пределами локальной сети. Команда полезна в случаях отсутствия браузера для проверки подключения к Интернету. У команды есть различные флаги, но единственное, что вам нужно сейчас, – это флаг `-c`, позволяющий указывать количество пакетов, которые мы хотим отправить серверу.

```
ping -c 5 thediygolfer.com
```



```
PING thediygolfer.com (104.248.115.234) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 104.248.115.234 (104.248.115.234): icmp_seq=1 ttl=48 time=36.0 ms
64 bytes from 104.248.115.234 (104.248.115.234): icmp_seq=2 ttl=48 time=49.9 ms
64 bytes from 104.248.115.234 (104.248.115.234): icmp_seq=3 ttl=48 time=35.2 ms
64 bytes from 104.248.115.234 (104.248.115.234): icmp_seq=4 ttl=48 time=34.4 ms
64 bytes from 104.248.115.234 (104.248.115.234): icmp_seq=5 ttl=48 time=35.3 ms
```

```
– thediygolfer.com ping statistics –
5 packets transmitted, 5 received, 0% packet loss, time 4005ms
rtt min/avg/max/mdev = 34.427/38.183/49.912/5.885 ms
```

В приведенном выше примере отправляется на главную страницу сайта пять отдельных запросов, в результате отображаются на экране данные о каждом запросе. Основываясь на этих данных, получается, что наш компьютер подключен к сети и может подключиться к thediygolfer.com.

#### 2.4.4. Программа traceroute

Команда traceroute – отличный способ понять, как компьютер находит сервер и через какие маршрутизаторы проходит запрос на [www.thediygolfer.com](http://www.thediygolfer.com). Как было упомянуто ранее сервер сайта находится где-то в Нью-Йорке, и команда traceroute подтверждает это, показывая путь, по которому пакеты добираются туда.

Программа traceroute может не быть установлена на компьютере по умолчанию, в этом случае ее нужно установить.

**# Linux**

```
sudo apt-get update && sudo apt install inetutils-traceroute
```

На Mac доступ к функциям traceroute осуществляется при помощи Network Utility. При запуске traceroute, получаем следующий результат.

```
traceroute -resolve-hostnames -q 1 -w 5 -I thediygolfer.com

traceroute to thediygolfer.com (104.248.115.234), 64 hops max
 1  192.168.0.1 (_gateway)  53.296ms
 2  142.254.145.21 (142.254.145.21)  10.502ms
 3  24.164.117.37 (24.164.117.37)  15.953ms
 4  65.189.128.164 (65.189.128.164)  11.035ms
 5  65.29.1.87 (be14.pltsohae01r.midwest.rr.com)  18.102ms
 6  65.29.1.28 (be25.clmkohpe01r.midwest.rr.com)  23.729ms
 7  66.109.6.68 (bu-ether15.chctilwc00w-bcr00.tbone.rr.com)  31.967ms
 8  66.109.5.136 (66.109.5.136)  34.155ms
 9  66.109.5.225 (66.109.5.225)  26.993ms
10  64.86.79.97 (ix-ae-27-0.tcore2.ct8-chicago.as6453.net)  25.094ms
11  64.86.79.2 (if-ae-22-2.tcore1.ct8-chicago.as6453.net)  33.455ms
12  216.6.81.28 (if-ae-26-2.tcore2.nto-new-york.as6453.net)  35.629ms
13  66.110.96.5 (if-ae-12-2.tcore1.n75-new-york.as6453.net)  33.047ms
14  66.110.96.26 (66.110.96.26)  34.565ms
15  *
16  *
17  104.248.115.234 (104.248.115.234)  35.916ms
```

В приведённом выше примере использования утилиты `tracert` указано, что необходимо преобразовать IP-адреса в их имена хостов (`--resolve-hostnames`), отправлять только один пакет на очередной маршрутизатор на пути следования пакета (`-q 1`), установить тайм-аут для каждого запроса в 5 секунд (`-w 5`) и, наконец, использовать протокол ICMP вместо UDP (`-I`). Как видите, путь начинается со шлюза компьютера, переходит на сервер Spectrum в Канзасе, подключается к серверу в Чикаго, подключается к серверам Digital Ocean в Нью-Йорке и, наконец, попадает на сервер веб-сайта в Нью-Джерси.

### 2.4.5. Программа `netstat`

Эта команда предоставляет информацию о различных сетевых протоколах (TCP/IP, UDP, ICMP и т.д.), используемые компьютером. Большая часть того, что эта программа выводит, выходит за рамки обсуждаемого выше, она заслуживает упоминания, так как это важный инструмент для понимания того, как компьютер общается с внешним миром. Например, можно ввести следующую команду, показывающую, что происходит в различных сетевых протоколах.

```
netstat -s
```

Результат запуска показан ниже. Обратите внимание, что вывод также обрезан для краткости, и включены только протоколы IP, TCP и UDP.

Ip:

```
400933 total packets received
0 forwarded
0 incoming packets discarded
400933 incoming packets delivered
296285 requests sent out
3 outgoing packets dropped
```

Tcp:

```
32175 active connections openings
28 passive connection openings
0 failed connection attempts
4 connection resets received
1 connections established
400885 segments received
300195 segments send out
41 segments retransmitted
0 bad segments received.
7 resets sent
```

Udp:

```
28 packets received
0 packets to unknown port received.
0 packet receive errors
43 packets sent
```

Еще одно полезное приложение утилиты `netstat` – показывать, какие порты используют («открыли») процессы на компьютере. Процессы и управление будут обсуждены далее.

```
netstat -tp
```



(Не все процессы могут быть идентифицированы, информация о процессах, не принадлежащих текущему пользователю не будут отображаться, нужно быть root-ом, чтобы увидеть их все.)

Активные интернет-соединения (без серверов)

Proto	Recv-Q	Send-Q	Local Address	Foreign Address
	State		PID/Program name	
tcp	0	0	zubuntu:35098	stackoverflow.com:https
	ESTABLISHED		26679/chrome -type	

Большая часть вывода этой команды удалена, но здесь видно, что в системе открыто окно Google Chrome (с идентификатором процесса 26679), и одна из вкладок открыта на stackoverflow.com. Локальный адрес означает, что локальный компьютер (zubuntu – полное имя для 127.0.0.1) открыл порт (сокеты) с идентификатором 35098 для данной вкладки в окне Google Chrome. У каждой вкладки свой сокет.

#### 2.4.6. Программы dig/host/whois

Программы dig, host и whois помогают получать информацию о доменных именах, IP-адресах и механизмах отображения одних в другие. Как правило, программы dig и host устанавливаются на компьютер по умолчанию, а вот команду whois, вероятно, придется установить самостоятельно. В Linux она устанавливается путем выполнения `sudo apt-get install whois` в терминале.

Начнем с программы dig, которая помогает запрашивать записи DNS для IP-адресов (с использованием обратного поиска) или доменного имени. Используя эту утилиту, можно запросить знакомый нам сайт.

```
dig thediygolfer.com

; «» DiG 9.9.5-3ubuntu0.15-Ubuntu «» thediygolfer.com
;; global options: +cmd
;; Got answer:
;; ->HEADER<- opcode: QUERY, status: NOERROR, id: 51716
;; flags: qr rd ra; QUERY: 1, ANSWER: 1, AUTHORITY: 0, ADDITIONAL: 1

;; OPT PSEUDOSECTION:
; EDNS: version: 0, flags:; udp: 4096
;; QUESTION SECTION:
;thediygolfer.com.                IN      A

;; ANSWER SECTION:
thediygolfer.com.        600     IN      A      104.248.115.234

;; Query time: 0 msec
;; SERVER: 172.17.0.1#53(172.17.0.1)
;; WHEN: Wed Feb 27 18:41:22 UTC 2019
;; MSG SIZE rcvd: 61
```

Обратите внимание, что здесь много информации, и по большей части это комментарии (обозначены ;;). Чтобы сократить объем выдаваемой информации, можно добавить флаги `+noall` и `+answer`, т.е. показывать только раздел ответов.

```
dig thediygolfer.com +noall +answer
```

```
; «» DiG 9.9.5-3ubuntu0.15-Ubuntu «» thediygolfer.com +noall +answer
;; global options: +cmd
thediygolfer.com.        600      IN      A       104.248.115.234
```

В результате просто напечатана только запись A для сайта в коротком формате. Можно также запустить `dig thediygolfer.com +short`, при этом будет получен аналогичный результат. Но что, если нужны все записи DNS для домена? Для этого можно добавить ключевое слово ANY.

```
dig thediygolfer.com ANY +noall +answer
```

```
; «» DiG 9.9.5-3ubuntu0.15-Ubuntu «» thediygolfer.com ANY +noall +answer
;; global options: +cmd
thediygolfer.com.        3599    IN      A       104.248.115.234
thediygolfer.com.        1799    IN      NS      ns1.digitalocean.com.
thediygolfer.com.        1799    IN      NS      ns2.digitalocean.com.
thediygolfer.com.        1799    IN      NS      ns3.digitalocean.com.
thediygolfer.com.        1799    IN      SOA     ns1.digitalocean.com. \
      hostmaster.thediygolfer.com. 1545305910 10800 3600 604800 1800
```

В ответе видно, что домен содержит одну запись A (сопоставление IP-адреса и имени домена), три записи сервера имен и одна запись «Start of authority» (SOA), указывающая, что Digital Ocean является авторитетным источником для записи DNS.

Введем следующую команду, найдем IP-адрес домена.

```
host thediygolfer.com
```

```
# thediygolfer.com has address 104.248.115.234
```

Если использовать команду с серверами Google, можно получить больше записей, так как в их сети размещено много серверов, в том числе, поддерживающих электронную почту.

```
host google.com
```

```
google.com has address 108.177.112.139
google.com has address 108.177.112.101
google.com has address 108.177.112.102
google.com has address 108.177.112.100
google.com has address 108.177.112.113
google.com has address 108.177.112.138
google.com has IPv6 address 2607:f8b0:4001:c12::64
google.com mail is handled by 30 alt2.aspmx.l.google.com.
google.com mail is handled by 50 alt4.aspmx.l.google.com.
google.com mail is handled by 40 alt3.aspmx.l.google.com.
google.com mail is handled by 10 aspmx.l.google.com.
google.com mail is handled by 20 alt1.aspmx.l.google.com.
```

Наконец, команда `whois` дает дополнительную информацию о данном доменном имени или IP-адресе. Она наверняка не установлена по умолчанию, поэтому выполнив `sudo apt-get install whois`, можно установить ее. Вот пример того, как она работает.

```
whois thediygolfer.com
```

```
Domain Name: THEDIYGOLFER.COM
Registry Domain ID: 1896554473_DOMAIN_COM-VRSN
Registrar WHOIS Server: whois.namesilo.com
Registrar URL: http://www.namesilo.com
Updated Date: 2018-12-15T15:30:57Z
Creation Date: 2015-01-18T02:22:03Z
Registry Expiry Date: 2020-01-18T02:22:03Z
Registrar: NameSilo, LLC
Registrar IANA ID: 1479
Registrar Abuse Contact Email: abuse@namesilo.com
Registrar Abuse Contact Phone: +1.4805240066
Domain Status: clientTransferProhibited \
    https://icann.org/epp#clientTransferProhibited
Name Server: NS1.DIGITALOCEAN.COM
Name Server: NS2.DIGITALOCEAN.COM
Name Server: NS3.DIGITALOCEAN.COM
DNSSEC: unsigned
URL of the ICANN Whois Inaccuracy Complaint \
    Form: https://www.icann.org/wicf/
```

Существуют и другие инструменты `bash`, например, `nslookup`, `route` и т.д., но те, что были рассмотрены, удовлетворяют большинству потребностей пользователей. Если вы не собираетесь быть администратором, настраивающим сети каждый божий день, вам никогда не понадобится использовать эти инструменты для редактирования настроек. Но эти команды также полезны для получения информации о вашей сети и о внешних сетях.

## 2.5. Управление процессами и системой

Управление процессами и системой звучит для некоторых пользователей как-то пугающе. Существует несколько полезных команд и программ, которые полезно изучить для целостного представления о работе компьютера.

- Что такое процесс?
- Как создается процесс?
- Как управлять процессами с помощью команд `kill`, `bg` и `fg`.
- Как управлять процессами и контролировать системные ресурсы с помощью команды `top`.

### 2.5.1. Что такое процесс?

Если не вдаваться в технические подробности, процесс — это что-то исполняющееся на компьютере, который принадлежит пользователю и потребляет три вида ресурсов системы.

1. Вычислительные (CPU);
2. Оперативная память (RAM);
3. Периферийные устройства ввода/вывода (input/output, IO).

После загрузки компьютера ядро операционной системы функционирует постоянно. Ядро постоянно отслеживает состояние всех процессов на компьютере и выделяет им периодически те или иные системные ресурсы. Процессы конкурируют за системные ресурсы, вытесняя друг друга.

При запуске программы, например, Google Chrome, ядро даст ему ресурсы в течение нескольких микросекунд, а затем произойдет «переключение контекста», и эти же ресурсы будут на время отданы другому процессу. Если Google Chrome захватит 100% ресурсов во все 100% времени, компьютер, вероятно, выкинет Google из памяти компьютера потому, что в ядре есть разные функции поддерживающие функционирование операционной системы в работоспособном состоянии.

### 2.5.2. Закулисы процессов

Большинство команд управления процессами связаны друг с другом логически, и следует изучить последовательность функций, которые выполняет bash и ядро операционной системы при создании нового процесса. Когда компьютер запускается, ядро запускает процесс под названием «init», который в UNIX-системах обычно называется также `init`, расположенный в `/sbin/init`. В современных дистрибутивах этот скрипт находится в пакете `systemd`.

Понимание процедуры загрузки системы дает полезную информацию о функционировании компьютера. Каждый процесс может начать другой процесс (обычно терминал начинает новый процесс в результате введенной команды), сначала создавая свою копию, а затем выполняя новую команду в адресном пространстве скопированного процесса. Иллюстрация, поясняющая вышесказанное, показана на рисунке 2.4.

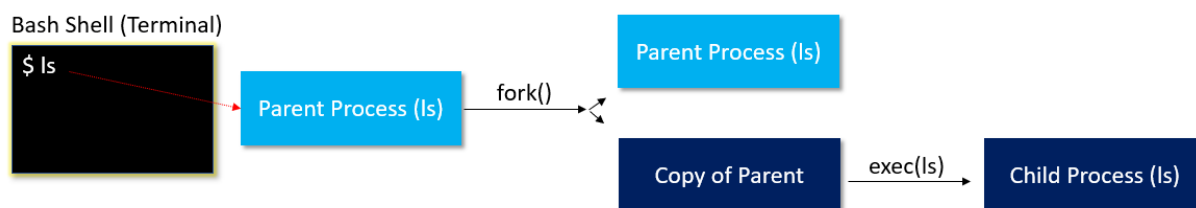


Рис. 2.4. Жизненный цикл процесса

Можно отследить этот процесс в терминале самостоятельно, используя `strace()` команду. Обратите внимание – эта команда доступна только на Linux. Эквивалентная команда на Mac – `dtruss`, но она работает по-другому.

```
strace ls
```

Команда `strace` позволяет увидеть все системные вызовы, которые были выполнены при исполнении `ls`. Команда `ls` на самом деле – это просто еще один процесс операционной системы. Результат работы `strace ls`, представленный ниже, обработан, так, чтобы обратить внимание читателя на наиболее важные части.

```

execve("/bin/ls", ["ls"], [/* 69 vars */]) = 0

.... пропущено для краткости ....

write(1, "_config.yml awk-example.sh db." ... , 107_config.yml \
awk-example.sh db.json      node_modules    package.json  scaffolds \
test-permission yarn.lock
) = 107
write(1, "aapl.csv      data-file.txt  lar" ... , 91aapl.csv \
data-file.txt  large-data.csv  package-lock.json public \
source      themes
) = 91
close(1)                                = 0
munmap(0x7f1578100000, 4096)            = 0
close(2)                                = 0
exit_group(0)                           = ?
+++ завершается с кодом 0 +++

```

Если интересно узнать о каждом из системных вызовов в выводе команды `strace`, вот [отличный пост на StackOverflow](#). Программисты на языке C, вероятно, знакомы с некоторыми из этих команд.

В приведенном тексте показано, что команда `execve` запускает процесс. Фактически, это есть последовательность системных вызовов `fork` и `exec`. Перечень файлов в выводе программы представляют собой результат выполнения команды `ls` в текущем каталоге. На самом деле, что выводит `ls` сейчас не важно, но важен для понимания именно результат `strace`, где частично показана процедуры запуска и завершения процесса. Также важно уметь *управлять* процессами. Приведем несколько команд, позволяющих осуществлять практически полный контроль над процессами.

### 2.5.3. Процессы переднего плана и фоновые процессы

Одной из наиболее важных концепций, которую нужно понимать в отношении процессов, является режимы исполнения процессов: фоновый, «передний план», а также как переключаться между ними. После запуска процесса в оболочке `bash` и пока процесс выполняется, доступа к терминалу в оболочке не будет. Если надо остановить процесс используйте комбинацию клавиш `CTRL-C`.

В операционной системе процессы, которые выполняются на протяжении всего времени её функционирования. Они не мешают работе в терминале, так как они являются *фоновыми процессами*. Перевести процесс в фоновый режим можно одним из двух способов:

1. Отправить его в фоновый режим в момент запуска.
2. Остановить его и отправить в фоновый режим и дать команду продолжения исполнения.

Первый способ предельно прост. Процесс будет запущен в фоновом режиме если добавить `&` в конце команды. Например, можно запустить команду `sleep`, которая будет 20 секунд простаивать в фоновом режиме.

```
sleep 20 &
```

Второй способ немного сложнее и требует от понимания концепции *сигналов, передаваемых процессам*. Посылка сигналов процессам осуществляется командой `kill`. Перечень всех сигналов выводится командой `kill -l`. Вот наиболее распространенные сигналы, часто отправляемые в процесс.

- SIGTERM – `kill` (мягкий сигнал завершения процесса);
- SIGKILL – `kill -9` or `kill -s SIGKILL` (силовой метод остановки процесса);
- SIGSTOP – `kill -19` or `kill -s SIGSTOP` ([при]остановка выполнения процесса);
- SIGCONT – `kill -18` or `kill -s SIGCONT` (продолжить выполнение процесса);
- SIGINT (CTRL-C) – `kill -2` or `kill -s SIGINT` (Прервать выполнение процесса);
- SIGTSTP (CTRL-Z) – `kill -20` or `kill -s SIGTSTP` ([при]остановка выполняющегося процесса).

В нашем примере отправим сигнал SIGTSTP запущенному процессу, чтобы он перешел в фоновый режим и остановился. Для этого нам понадобится идентификатор процесса. Чтобы получить этот идентификатор, надо запустить команду `ps` (подробнее об этом позже). В данном случае используем `google-chrome` с нашим окном браузера, в качестве примера процесса. Идентификатор процесса – 21124, полученный в результате выполнения команды `ps a`.

```
PID TTY      STAT   TIME COMMAND
1201 tty7      Ssl+   1:48 /usr/lib/xorg/Xorg -core :0 -seat seat0
      -auth /var/run/lightdm/root/:0 -nolis
1204 tty1      Ss+    0:00 /sbin/agetty -o -p - \u -noclear tty1 linux
17824 pts/0      Ss      0:00 -bash
18747 pts/1      Ss+     0:00 /bin/bash
19664 pts/2      Ss+     0:00 -bash

# Вот процесс Google Chrome (этот комментарий был вручную добавлен в
# текст ответа команды ps)
21124 pts/2    Sll     0:03 /opt/google/chrome/chrome

21129 pts/2    S       0:00 cat
21130 pts/2    S       0:00 cat
21133 pts/2    S       0:00 /opt/google/chrome/chrome -type=zygote
      -enable-crash-reporter=2475ab0f-df4d
21134 pts/2    S       0:00 /opt/google/chrome/nacl_helper
21137 pts/2    S       0:00 /opt/google/chrome/chrome -type=zygote
      -enable-crash-reporter=2475ab0f-df4d
21164 pts/2    Sl      0:00 /opt/google/chrome/chrome -type=gpu-proces
s -field-trial-handle=39017447716
21169 pts/2    Sll     0:00 /opt/google/chrome/chrome -type=utility
      -field-trial-handle=390174477165224
21309 pts/2    Sl      0:00 /opt/google/chrome/chrome -type=renderer
      -field-trial-handle=39017447716522
21360 pts/2    Sl      0:01 /opt/google/chrome/chrome -type=renderer
      -field-trial-handle=39017447716522
21398 pts/2    Sl      0:00 /opt/google/chrome/chrome -type=renderer
      -field-trial-handle=39017447716522
```

```

21417 pts/2    Sl      0:00 /opt/google/chrome/chrome -type=renderer
        -field-trial-handle=39017447716522
21711 pts/2    Sl      0:01 /opt/google/chrome/chrome -type=renderer
        -field-trial-handle=39017447716522
21751 pts/2    Sl      0:00 /opt/google/chrome/chrome -type=renderer
        -field-trial-handle=39017447716522
21852 pts/2    Sl      0:00 /opt/google/chrome/chrome -type=renderer
        -field-trial-handle=39017447716522
21870 pts/0    R+      0:00 ps a

```

На самом деле есть несколько способов остановить выполняющийся процесс Google Chrome. Можно послать ему сигнал SIGTSTP (т.е. CTRL-Z) или сигнал SIGSTOP. Любой из них остановит запущенный процесс и вернет нам доступ к терминалу. Отправим процессу сигнал SIGSTOP из другого терминального окна.

```
kill -s SIGSTOP 21124
# `kill -19 21124` также работает
```

Заметим, после выполнения этих команд над процессом Chrome, сделать что-либо в окне Chrome невозможно, он не будет обрабатывать информацию, он – остановленный процесс. Теперь можно снова запустить процесс, но на этот раз запустим его в фоновом режиме. Для этого нужно перейти в терминал, где находится остановленный Google Chrome, и введите команду `jobs`. В результате получите список заданий для данного терминала. Найдем номер, по которому идентифицируем Google Chrome (в данном случае – задание №1), выполним следующую команду.

```
bg %1
```

Google Chrome теперь перезапущен и работает в фоновом режиме. Снова остановим его и вернем на передний план.

```
# Останавливаем процесс
kill -s SIGSTOP 211124
```

```
# Запускаем процесс
kill -s SIGCONT 211124
```

```
# Перевод процесса в фоновый режим
fg %1
```

#### 2.5.4. Команды `ps` и `top` (управление общей производительностью системы)

Есть две команды, показывающие процессы, выполняемые в настоящее время на нашем компьютере. В 99% случаев эти команды взаимозаменяемы. Разница между командами заключается в уровне интерактивности, опыт показывает, что используются они часто и обе. Например, при запуске `top` получаем список процессов. Этот список не просто выдается, но и отслеживает статус каждого процесса в реальном времени. Поскольку `top` интерактивен, другие сценарии не могут использовать его для получения информации о процессах без специальных настроек (т.е. с использованием «пакетного» режима).

Для пакетного режима выдачи списка процессов существует команда `ps`. Команда используется внутри скриптов `bash` для получения необходимой информации. Сейчас не будем разрабатывать сложные скрипты управления процессами, первую очередь упор сделаем на `top`, поскольку она является более удобной для пользователя. Можно изучить страницы руководства `man` для команды `ps`, где перечисляются варианты запуска этой команды, например, `ps -ax` распечатывает все ваши текущие процессы.

Приоритетом в изучении здесь является интерфейс команды `top` и что следует искать на экране. Программа `top` – это не просто команда `bash`, она имеет свои собственные обширные возможности. Обычные пользователи `bash` не используют большинство этих возможностей, приведем самые полезные (рис. 2.5).

```
top - 18:15:45 up 6:11, 1 user, load average: 1.67, 1.53, 1.32
Tasks: 344 total, 2 running, 239 sleeping, 0 stopped, 1 zombie
%Cpu(s): 3.2 us, 5.2 sy, 0.0 ni, 91.5 id, 0.0 wa, 0.0 hi, 0.1 si, 0.0 st
KiB Mem : 16418972 total, 10396728 free, 2429820 used, 3592424 buff/cache
KiB Swap: 2097148 total, 2097148 free, 0 used. 13697804 avail Mem
```

PID	USER	PR	NI	VIRT	RES	SHR	S	%CPU	%MEM	TIME+	COMMAND
-----	------	----	----	------	-----	-----	---	------	------	-------	---------

Рис. 2.5. Экран команды `top`

При первом запуске программы `top`, экран заполнится информацией, как на рисунке. Экран включает пять строк, начиная с верхней строки (1) и заканчивая нижней строкой (5), разберем, какую информацию они отображают.

1. Общая информация;
2. Показывает различные типы задач, выполняемые на компьютере. Задачи могут находиться в состоянии `running` (выполняется), `stopped` (остановлен), `sleeping` (простой) или `zombie` (зомби). Суть их интуитивно понятна, за исключением процессов в состоянии зомби. Такие процессы являются всего лишь процессами, которые погибают, но все еще перечислены в таблице процессов, как правило, потому, что родительский процесс не смог вычистить его ресурсы.
3. Статистика времени использования процессора, включая `us` (время пользователя, `un-niced`), `sy` (время системы), `ni` (время пользователя, `niced`), `id` (время холостого хода), и `wa` (время ожидания ввода-вывода). Столбцы `hi`, `si`, и `st` нам не важны. Можно вычислить общее время пользователя (время, необходимое для запуска непосредственно кода программы) – сумма `us` и `ni`. Данные этой строки будут полезны когда будем отфильтровать процессы.
4. Статистика использования оперативной памяти. В режиме отображения всех процессов при недостатке свободной памяти может отображаться красный флаг, сигнализирующий, что память заканчивается.
5. Статистика памяти `swap` (подкачки). Подкачка используется только, когда реальная память исчерпана, так низкие цифры в «свободной» части *реальной памяти* и высокие цифры в «использованной» части *своп* – признак возникновения проблемы производительности системы, что, как правило, вызвано слишком малым размером оперативной памяти.

Наблюдая за текстом, выдаваемом командой `top`, можно заметить, что он обновляется каждые несколько секунд. Таким образом, мы получаем информацию о состоянии компьютера в реальном времени. Интервалом обновления также можно управлять. Интервал



настраивается двумя способами – «статическим» и «интерактивным». В статическом режиме конфигурация программы `top` устанавливается в командной строке. Например, можно запустить программу `top` так:

```
top -d 10
```

При этом в `top` будет установлен интервал обновления в 10 секунд. Значение интервала настраивается нажатием клавиши `d` и вводом длины интервала в секундах. Откуда можно узнать, как управлять программой `top`? С одной стороны, это чтение подсказок `man`, но есть и другой способ – ввод символа `?` в запущенной программе `top`. В результате будет показана страница справки, направляющая пользователя по функциям программы. На этом экране находится только информация об «интерактивном» режиме, показанный текст – это все, что вам когда-либо понадобится. В отличие от команды `ps`, `top` не требует повторного ввода в командной строке `top` с новыми флагами потому, что все настройки делаются в самой программе.

Программа `top` очень удобна как инструмент управления процессами и системой. Продолжая нашу дискуссию по управлению процессами, покажем как «убить» процессы в программе `top`. Делается это нажатием клавиши `k` и указанием номера процесса. По умолчанию процессу будет послан сигнал `SIGINT`. Программа не позволяет указывать, какой сигнал требуется послать, но это быстрый способ убить процесс, не покидая программу `top`.

Также можно фильтровать процессы по идентификатору процесса и по идентификатору пользователя. Оба фильтра можно установить на командной строке при запуске программы.

# Показывает процессы пользователя "zach"

```
top -u zach
```

# Показывает процесс с номером 22435

```
top -p 22435
```

Можно выполнять фильтрацию в интерактивном режиме программы `top`. Если надо показать только процессы пользователя `zach`, нажимаем клавишу `n`, вводим «`zach`». Если надо показать только процесс по ID 22435, надо задать фильтр. Делается это так:

1. Нажмите букву `O` (верхний регистр) в интерактивном режиме;
2. Надо набрать `PID=22435` и нажать `Enter`;
3. Проверка фильтров осуществляется `CTRL-o` (`control` + клавиша `o`);
4. Очистить фильтры можно нажав `=`.

По умолчанию, `top` выдает много данных, и иногда надо будет прокрутить список. Можно прокручивать текст, выдаваемый программой, с помощью клавиш `вверх`, `вниз`, `влево` и `вправо`. Чтобы сориентироваться в тексте, введите `C`. В результате в верхней части экрана будет показано что-то вроде `scroll coordinates: y = 13/345 (tasks), x = 1/12 (fields)`.

Можно изменять, какие поля отображаются, введя букву `f` в интерактивном режиме. Будет показана много различных вариантов отображения данных. Прежде чем научиться указывать поля, надо перечислить имена полей по умолчанию, показать что они означают.

1. `PID` – Идентификатор процесса;
2. `USER` – Идентификатор пользователя, владеющего процессом;

3. PR – Приоритет, согласно которому выполняется процесс (значение *rt* обозначает, что процесс выполняется в реальном времени);
4. NI – Значение «Nice» процесса. Реальный приоритет пользовательского процесса состоит из приоритета (PR), вычисляемый по формуле  $PR = 20 + NI$ . Для PR и NI работает общее правило: чем меньше число, тем выше приоритет. Посмотрите [публикацию](#), где приводится более детальное объяснение сути приоритетов.
5. VIRT – Размер всей виртуальной памяти, занимаемой процессом;
6. RES – часть VIRT, расположенная конкретно в ОЗУ;
7. SHR – часть RES, разделяемая память;
8. S – состояние процесса: S-спячка (sleep), R-активен (running), I-простой (idle).
9. %CPU – Доля использования процессора данным процессом с момента последнего обновления экрана. Например, если %CPU=50, а интервал обновления составляет 10 секунд, это значит, что за последние 10 секунд, процесс пользовался 50% рабочего времени процессора, т.е. 5 секунд.
10. %MEM – То же, что и RES, но выражено в процентах;
11. TIME+ – Общее время вычислений процесса с момента его запуска в предположении, что включаем «накопительный» режим, который переключается при помощи S);
12. COMMAND – Команда, стартовавшая процесс. Нажатие с меняет режим отображения между полным наименованием и его сокращенным вариантом.

Мастера управления системой могут извлечь больше полезной информации из значений и других полей. Чтобы изменить перечень полей, надо нажать *f*, что откроет менеджер отображаемых полей. Здесь можно просматривать информацию, пролистывая список вверх и вниз стрелками, так можно найти нужное поле. Если против поля виднеется \*, то это значит, что данное поле сейчас отображается. Переключение режима отображения осуществляется буквой *d*. Чтобы переместить команду на новое место в меню надо ее выделить при помощи клавиши «вправо», далее, при помощи стрелок «вверх» и «вниз» производится размещение поля по вашему желанию. В конце нажатием стрелки «влево» фиксируется позиция. Можно менять режим сортировки (поле по которому осуществляется сортировка) в главном экране, выделив поле и нажав клавишу *s*. Нажатие *q* заканчивает настройку (выходит из режима). После того как настройка *top* будет закончена, можно выйти из экрана настройки полей и нажать клавишу *W*, чтобы сохранить настройки в файле *~/.toprc*.

Если вы хотите отобразить несколько окон, что *top* тоже позволяет, можно активировать альтернативный режим отображения, вводя *A*. Оказавшись в этом режиме, можно использовать клавиши *a* и *w* для перемещения между четырьмя окнами (вы увидите факт обновления окна в левом верхнем углу страницы) и *G* для переименования текущее окна. Удобство заключается в возможности видеть четыре окна, которые все настроены на определенные варианты просмотра процессов.

Что же нам дает использование команды *top*? Она решает всего нескольких задач.

1. Сводная страница – получение обобщенной статистики о работе компьютера;
2. %CPU – поиск процессов, «съедающий» все вычислительные ресурсы вашего процессора;
3. %MEM – поиск процессов, «съедающих» все ресурсы оперативной памяти. Статистика столбца %MEM включает RES, отражающий резидентную часть, или, другими словами, сколько процесс реально использует именно оперативную память.  $VIRT = RES + SWAP$ , поэтому если VIRT намного больше, чем RES, это означает, что процесс

активно использует SWAP, а это означает, что в оперативной памяти компьютера не хватает места для процесса.

Команда `top` отлично подходит для получения общего обзора состояния компьютера, касающихся использования его ресурсов, но есть еще несколько команд, которые дают более полное представление о том, как работает компьютер.

### 2.5.5. Программ `lsof`

Команда `lsof` используется для вывода списка открытых процессом файлов. На первый взгляд это не так уж интересно, но, поскольку в операционных системах на базе UNIX все объекты представляются в виде файлов, этот инструмент позволяет видеть больше, чем просто открытые процессом файлы. Есть много способов использования этого инструмента, но вот пара вариантов, которые в какой-то момент могут пригодиться любому пользователю `bash`.

```
# Список всех файлов, которые открыл пользователь zach
lsof -u zach
```

```
# Список всех сетевых подключений
lsof -i
```

```
# Список всех процессов, осуществляющих сервис на порту 22
lsof -i TCP:22
```

```
# Список всех файлов, открытых на моем внешнем жестком диске
# комбинация "+f -" означает, что остаток команды (после "-") - это
# точка монтирования
lsof +f - /media/my_hard_drive
```

### 2.5.6. Команды `free` и `time`

Команда `free` – это быстрый способ оценки ресурсы вашей системы в текущий момент времени. Добавление ключа `--mega` к команде позволяет отображать объем оперативной памяти в мегабайтах, а не как по умолчанию в кибибайтах.

```
free --mega
```

Также есть команда под названием `time`, показывающая сколько процессорного времени занимает выполнение конкретной программы. Например, выполним следующую команду.

```
time google-chrome
```

```
# Результат
# —————
# real    0m0.458s
# user    0m0.229s
# sys     0m0.063s
```

Команда `time` запустит исполняемый файл `Google Chrome` (открывает окно `Google Chrome`) и отследит, сколько реального, пользовательского и системного времени использовано для этого исполняемого файла. Реальное (`real`) время – это общее время, затраченное на выполнение программы. Пользовательское (`user`) время – это время, необходимое для исполнения кода программы, а системное (`system`) время – это время, в течение которого ядро использовало системные ресурсы для обеспечения сервиса браузеру. Следующая формула показывает, сколько времени процесс простаивал из-за отсутствия доступа к ресурсам.

Время блокировки процесса = `Real - User - System`. Трудно определить точное время ожидания без специального тестирования производительности, но для грубой оценки `wait` вполне подходит.

## Заключение

Трудно в это поверить, но данный пост автор таки закончил. К данному моменту у вас должен сформироваться набор навыков «средне-продвинутого» уровня использования оболочки `bash`, вы теперь можете изучить самостоятельно, что такое `users`, `groups`, и `permissions`. Надеюсь, что у вас рано или поздно будет высокий уровень понимания `bash` и даже `Linux`.

### 3. Методические указания для выполнения лабораторной работы

Целью лабораторной работы является разработка программы-скрипта на языке bash, моделирующей типичные задачи, встречающиеся в процессе разработки и администрирования программного обеспечения. Студенту для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. Выбрать вариант задания, исходя из собственных предпочтений или опыта,
2. Разработать стратегию решения задачи (общий вид алгоритма),
3. Выбрать, при необходимости установить, утилиты, решающие конкретные задачи, и ознакомиться с документацией по их использованию;
4. Реализовать сценарий;
5. Провести тестирование на соответствующих объектах файловой системы (файлах, каталогах);
6. Подготовить отчет.

#### 3.1. Перечень вариантов задания

Сначала приведем *варианты* заданий, затем рассмотрим пример решения задачи. В большинстве задач, если не оговорено обратное, надо выполнить манипуляции над объектами файловой системы в текущем каталоге или каталоге, заданном при помощи параметров программы, и его подкаталогов. Операции над объектами, заданными в вариантах лабораторных работ, можно комбинировать, например, скомбинировав варианты 2 и 3 можно не только конвертировать формат, и при этом освободить место на диске, но и добавить текст в свои изображения.

1. Скопировать из все изображения в папку резервного хранения.
2. Преобразовать все файлы формата .jpg в формат JPEG2000 при помощи программы `convert` пакета `ImageMagick`.
3. Добавить в изображения формата .jpg подписи в виде текста даты съемки, дата берется из даты файла изображения, или текущая дата компьютера; изменение изображения делается также программой `convert` из варианта 2.
4. В текстовых файлах (.txt) найти заданную в параметре сценария строку, из найденных файлов составить список, сохранить его в файл.
5. В текстовых файлах (.txt) заменить одно слово на другое, из найденных файлов составить список, сохранить его в файл.
6. В выдаче программы `strace` отфильтровать системные вызовы `write`, вырезать файлы во втором аргументе и записать их в файл.

```
write(1, " DSCN4063.jpg\t\t\t projects\n", 26 DSCN4063.jpg
) = 26
```

7. Удалить все файлы, у которых расширение совпадает с одним из параметров скрипта (т.е., скрипту передается перечень расширений). **ВНИМАНИЕ! Аккуратнее с операцией удаления!**
8. Задана база данных в SQLite3, в таблице, имя которой передано параметром сценария, найти записи, содержащие слово (второй параметр сценария) и сохранить их в файл.

### 3.2. Порождение конфигурации настройки сетевого адаптера узлов кластера

Рассмотрим пример использования командной оболочки `bash` для настройки узлов учебного вычислительного кластера. В каждом узле необходимо установить содержимое ряда файлов. Исходными данными является файл, содержащий записи, каждая соответствует конкретному узлу кластера. Каждая запись содержит MAC-адрес сетевого устройства, IPv4-адрес и, иногда, дополнительное имя узла. Имя узла синтезируется из последней части IPv4-адреса, или, если указано специально, имени из записи. Причем, в файл `/etc/hosts` должен содержать и синтетическое и специально (если указано) имя. Кроме файла со списком узлов также будет задан конфигурационный файл с указанием общих настроек для каждого узла. Этот файл сделаем просто сценарием `bash`, где значения настроек обозначим экспортируемыми переменными.

```
# ~/cluster/setup.conf
export HOSTNAMEPREFIX=node          # Префикс имени узла
export NETMASK=24                   # Маска сети, 255.255.255.0
export GWSUFF=1                     # Часть адреса маршрутизатора
export NETPREFIX='172.27.14'        # Сетевая часть адреса
export DEFAULTGW=$NETPREFIX.$GW     # Шлюз по умолчанию
export DNSV4="172.27.100.5 8.8.8.8"
export NAMEDDOMAIN=example.com
# Network IPv6
export ULAPREFIX=fd39:470:0db8:3333:
export ULAMASK=64
export GLOBPREFIX=2001:470:0db8:3333:
export IPV6GLOBMASK=64
# Использовать в качестве адреса шлюза по умолчанию можно, но
# неправильно
export V6NET=$(echo -n $NETPREFIX | sed s/[.]/:/g)
export IPV6GW=$ULAPREFIX:$V6NET:$GWSUFF
```

Покажем, что необходимо получить, интерпретируя эту запись в файле исходных данных. Второй столбец – это последняя часть адреса `172.27.14.159`, третий – количество ядер процессора, имеющихся на узле.

```
70:4d:7b:84:fd:9f 159 4 orig # столбцы разделены «пробелом»
```

Должны быть сгенерированы следующие файлы. Имя создаваемого файла и его расположение (каталог) файла указаны в первой строке. Файл `/etc/hosts` содержит наименование узла.

```
# /etc/hostname
orig
```

Файл /etc/hosts содержит данные по разыменованию имен узлов. Разыменование производится локально, что делает систему более стабильной в условиях некорректно работающей локальной вычислительной сети.

```
# /etc/hosts
# Локальные настройки
127.0.0.1      localhost localhost.localdomain
127.0.1.1      orig node159
127.0.1.2      orig.localhost node159.localhost
::1           localhost localhost.localdomain orig node159 orig.localhost node159.localhost
fd39:470:0db8:3333:172:27:14:159 node159-6 orig-6
2001:470:0db8:3333:172:27:14:159 node159-g orig-g
# Маршрутизаторы
172.27.14.1    gw node1
fd39:470:0db8:3333:172:27:14:1 gw node1
```

Современный подход к настройке сети на Linux-узлах основывается на конфигурировании сервиса systemd-networkd. Для этого в каталоге /etc/systemd/network создается следующий файл (имя файла синтезируется из настроек узла).

```
# /etc/systemd/network/20-wired-node159.network
[Match]
MACAddress=70:4d:7b:84:fd:9f
[Network]
Domains=localhost
IPForward=yes
DNS=172.27.100.5 8.8.8.8
# Также позволить узлам настраиваться самостоятельно
IPv6AcceptRA=yes
[Address]
Address=172.27.14.159
Address=fd39:470:0db8:3333:172:27:14:159/64
Address=2001:470:0db8:3333:172:27:14:159/64
[Route]
Gateway=172.27.14.1
Destination=0.0.0.0
[Route]
Gateway=fd39:470:0db8:3333:172:27:14:1
# fc0::/7 включает в себя fd39:470:0db8:3333:172:27:14:1/64
Destination=fc0::/7
[Route]
Gateway=fd39:470:0db8:3333:172:27:14:1
# 2000::/3 включает в себя весь глобальный IPv6 Интернет
Destination=2000::/3
[IPv6AcceptRA]
UseDNS=yes
UseDomain=yes
```



Благодаря тому, что разработчики сервиса `systemd-networkd` продумали много вариантов конфигурирования сетевых устройств, все файлы `20-wired-node<..>.network` можно размещать на каждом узле кластера. Какой из них будет реально задействован для настройки сетевого интерфейса конкретного узла будет определен утилитами `systemd-networkd` сравнением MAC-адреса сетевого устройства и MAC-адреса, указанного в секции `[Match]` фалов-настроек. Далее генерируем часть файла настройки `cluster.conf` для сервера пакета `bind9` в домене `example.com`.

```
# ~/cluster/cluster-named.conf
# @ = example.com
# узел-маршрутизатор
gw          IN  A      172.27.14.1
gw          IN  AAAA   fd39:470:0db8:3333:172:27:14:1
# Список узлов
# . . . . .
node159     IN  A      172.27.14.159
node159     IN  AAAA   fd39:470:0db8:3333:172:27:14:159
node159-g   IN  AAAA   2001:470:0db8:3333:172:27:14:159
# Если указано специальное имя для узла, то добавляются эти записи
orig        IN  CNAME   node159.example.com.
orig-g      IN  CNAME   node159-g.example.com.
# . . . . .
```

Файл `-named.conf` порождается в том же каталоге, где находится файл исходных данных `setup.conf`. Здесь надо сделать замечание, что не очень удобно хранить интранет-адреса и интернет-адреса в одном домене, лучше сделать два домена: один для интранета, другой — для интернета.

И последний файл требуется для обеспечения функционирования пакета `OpenMPI`, где указываются адреса узлов кластера и количество ядер, установленных на этих узлах. Файл копируется на все узлы.

```
#/etc/nodes.conf
# . . . . .
node178 slots=4
node179 slots=4
node180 slots=2
# . . . . .
```

### 3.3. Реализация сценария конфигурирования узлов кластера

Программирование в `bash` глобально не отличается от программирования на языках класса `Pascal`, `Python` и им подобным. Единственное существенное отличие — это то, что язык является чисто интерпретируемым, т.е. каждая строка программы, сначала испытывает трансформацию: вместо переменных `$<имя переменной>` подставляются значения этих переменных, потом происходит либо запуск команды, которой соответствует строка, или выполняется часть сложной конструкции типа «`if-then`». Именно эти особенности «добавляют лишние» точки с запятой в оператор «`if`». Приведем полный код решения, не разрывая абзацами, будем вставлять комментарии в прямо в программу.

```
#!/bin/bash

etc="./etc"
nwork="$etc/network"

# Можно изменить сценарий так, чтобы оба каталога были автоматически
# созданы, если их нет.
#
# mkdir -p $etc $nwork
#
# Можно также удалить их рекурсивно со всем их содержимым.
# ВНИМАНИЕ!!! Опасная команда !!!!
#
# rm -rf $etc $nwork
#

if [ -e setup.conf ]; then # Проверка наличия конфигурации
    source setup.conf      # Загрузка конфигурации
    # Переменные конфигурации теперь в нашей программе.
else
    echo "Файл настроек не найден!"
    exit 1
fi

echo "Название домена кластера: $NAMEDDOMAIN"

# Реальные названия файлов изменены и предполагается,
# что они порождаются в каталоги ./etc, ./etc/network
# Это сделано для того, чтобы а) не вмешиваться в настройку
# компьютера, б) накопить результаты генерации настроек
# и проверить их.

mpifile="$etc/nodes.conf"
namedfile="$etc/cluster-named.conf"

echo "" > $mpifile # Пересоздать файлы, накапливающие
echo "" > $namedfile # настройки по всем узлам

routeripv4=$NETPREFIX.$GWSUFF # IPv4-адрес маршрутизатора

# Порождение преамбулы для bind9-named.conf-файла
echo "# ~/cluster/cluster-named.conf" > $namedfile
echo "# @ = example.com" > $namedfile
echo "# узел-маршрутизатор" > $namedfile
echo "gw                IN A        $routeripv4" > $namedfile
echo "gw                IN AAAA     $IPV6GW" > $namedfile
echo "# Список узлов" > $namedfile
```

```

# Имя файла с перечнем узлов
input="cluster.conf"
# Чтение строк из файла со списком узлов

# Переменная, которая будет накапливать общее количество
totslots=0 # ядер в кластере

while IFS= read -r line # Построчное чтение файла
                        # настроек узлов кластера
do
    name=""
    # ``Пилим'' запись узла кластера
    mac=$(echo $line | cut -f 1 -d " ")
    node=$(echo $line | cut -f 2 -d " ")
    num=$(echo $line | cut -f 3 -d " ")
    name=$(echo $line | cut -f 4 -d " ")
    echo "Обрабатываем узел $mac $node"

    # Если у узла есть ``персональное'' имя, покажем его
    if [ ! -z "$name" ] ; then
        echo "Узел называется $name "
    fi

    # Синтез имени узла ``node156''
    nodename="$HOSTNAMEPREFIX$node"

    # Теперь заполняем файлы
    # /etc/hostname
    file="$etc/hostname-$nodename"
    echo "$nodename" > $file

    # /etc/hosts

    file="$etc/hosts-$nodename"
    ulaip=$ULAPREFIX$V6NET:$node
    globip=$GLOBPREFIX$V6NET:$node
    # Локальные настройки
    echo "127.0.0.1 localhost localhost.localdomain" > $file
    echo "127.0.1.1 $name $nodename" » $file
    # Стереть значения предыдущего шага цикла
    # Отсутствие этой части приводило к единственной ошибке
    l1=""
    l16=""
    l1g=""
    # Если есть персональное имя, то создать комбинации с ним
    # имен доменов
    if [ ! -z "$name" ] ; then
        l1="$name.localdomain"
    fi

```

```
l16="$name-6"
l1g="$name-g"
fi
echo "127.0.1.2 $l1 $nodename.localdomain" » $file
echo "::1 localhost localhost.localdomain $name $nodename \
    $l1 $nodename.localdomain" » $file
echo "$ulaip $nodename-6 $l16" » $file
echo "$globip $nodename-g $l1g" » $file
# Маршрутизаторы
echo "$routeripv4 gw $HOSTNAMEPREFIX$GWSUFF" » $file
echo "$ULAPREFIX$V6NET:$GWSUFF gw $HOSTNAMEPREFIX$GWSUFF" » $file

# /etc/nodes # MPI node list
echo "$nodename slots=$num" » $mpifile

# Так делаются арифметические вычисления
totalslots=$((totalslots+num))

# Самая сложная часть.
file="$nwork/20-wired-$nodename.network"
# /etc/systemd/network/50-wired-nodename.network

nodeipv4=$NETPREFIX.$node

echo "# /etc/systemd/network/20-wired-$nodename.network" > $file
echo "[Match]" » $file
echo "MACAddress=$mac" » $file
echo "[Network]" » $file
echo "Domains=localdomain $NAMEDDOMAIN" » $file
echo "IPForward=yes" » $file
echo "DNS=$DNSV4" » $file
echo "# Также позволить узлам настраиваться самостоятельно" » $file
echo "IPv6AcceptRA=yes" » $file
echo "[Address]" » $file
echo "Address=$nodeipv4" » $file
echo "Address=$ulaip/$ULAMASK" » $file
echo "Address=$globip/$IPV6GLOBMASK" » $file
echo "[Route]" » $file
echo "Gateway=$routeripv4" » $file
echo "Destination=0.0.0.0" » $file
echo "[Route]" » $file
echo "Gateway=$IPV6GW" » $file
echo "# fc0::/7 включает в себя $ulaip/$IPV6GLOBMASK" » $file
echo "Destination=fc0::/7" » $file
echo "[Route]" » $file
echo "Gateway=$IPV6GW" » $file
echo "# 2000::/3 включает в себя весь глобальный IPv6 Интернет" » $file
echo "Destination=2000::/3" » $file
```

```

echo "[IPv6AcceptRA]" » $file
echo "UseDNS=yes" » $file
echo "UseDomain=yes" » $file

# /etc/cluster-named.conf

echo "$nodename      IN  A      $nodeipv4" » $namedfile
echo "$nodename      IN  AAAA    $ulaip" » $namedfile
echo "$nodename-g    IN  AAAA    $globip" » $namedfile
# Если указано специальное имя для узла, то добавляются эти записи
if [ ! -z "$name" ] ; then
    echo "$name      IN  CNAME   $nodename.$NAMEDDOMAIN" » $namedfile
    echo "$name-g    IN  CNAME   $nodename-g.$NAMEDDOMAIN" » $namedfile
fi

done < "$input" # !!! Только тут появляется имя входного файла !!!!

# Вывод общего количества узлов кластера.
echo "# Всего ядер - $totslots" » $mpifile
echo "# Всего ядер - $totslots !"

```

Программа отлажена и должна работать правильно. Теперь посмотрим файлы, сгенерированные программой. Начнем с файла /etc/hostname для 180-й машины, которая является сервером.

node180

Файл настроек /etc/hosts для этого же узла.

```

127.0.0.1 localhost localhost.localdomain
127.0.1.1 server node180
127.0.1.2 server.localdomain node180.localdomain
::1 localhost localhost.localdomain server node180 server.localdomain\
    node180.localdomain
fd39:470:0db8:3333:172:27:14:180 node180-6 server-6
2001:470:0db8:3333:172:27:14:180 node180-g server-g
172.27.14.1 gw node1
fd39:470:0db8:3333:172:27:14:1 gw node1

```

Теперь настройка сетевого интерфейса, идентифицированного MAC-адресом.

```

# /etc/systemd/network/20-wired-node180.network
[Match]
MACAddress=04:D4:C4:AA:24:C6
[Network]
Domains=localdomain example.com
IPForward=yes
DNS=172.27.100.5 8.8.8.8
# Также позволить узлам настраиваться самостоятельно
IPv6AcceptRA=yes

```

**[Address]**

Address=172.27.14.180

Address=fd39:470:0db8:3333:172:27:14:180/64

Address=2001:470:0db8:3333:172:27:14:180/64

**[Route]**

Gateway=172.27.14.1

Destination=0.0.0.0

**[Route]**

Gateway=fd39:470:0db8:3333::172:27:14:1

# fc0::/7 включает в себя fd39:470:0db8:3333:172:27:14:180/64

Destination=fc0::/7

**[Route]**

Gateway=fd39:470:0db8:3333::172:27:14:1

# 2000::/3 включает в себя весь глобальный IPv6 Интернет

Destination=2000::/3

**[IPv6AcceptRA]**

UseDNS=yes

UseDomain=yes

Перечень узлов для пакета MPI, файл /etc/nodex.conf.

```
node88 slots=4
node126 slots=4
node150 slots=4
node151 slots=4
node149 slots=4
node165 slots=4
node177 slots=4
node178 slots=4
node179 slots=4
node180 slots=2
node181 slots=2
node182 slots=2
node184 slots=4
node185 slots=4
node183 slots=4
node176 slots=4
node122 slots=4
# Всего ядер - 78
```

И, в заключение, файл настроек bind9 named.conf.

```
# ~/cluster/cluster-named.conf
# @ = example.com
# узел-маршрутизатор
gw          IN  A      172.27.14.1
gw          IN  AAAA   fd39:470:0db8:3333::172:27:14:1
# Список узлов
node166     IN  A      172.27.14.166
```

```

node166      IN  AAAA  fd39:470:0db8:3333:172:27:14:166
node166-g    IN  AAAA  2001:470:0db8:3333:172:27:14:166
node85       IN  A      172.27.14.85
node85       IN  AAAA  fd39:470:0db8:3333:172:27:14:85
node85-g     IN  AAAA  2001:470:0db8:3333:172:27:14:85
# . . . . .
node180      IN  A      172.27.14.180
node180      IN  AAAA  fd39:470:0db8:3333:172:27:14:180
node180-g    IN  AAAA  2001:470:0db8:3333:172:27:14:180
server       IN  CNAME  node180.example.com
server-g     IN  CNAME  node180-g.example.com
node181      IN  A      172.27.14.181
node181      IN  AAAA  fd39:470:0db8:3333:172:27:14:181
node181-g    IN  AAAA  2001:470:0db8:3333:172:27:14:181
# . . . . .

```

Листинг данных по узлам кластера. Конфигурационный файл в точности тот, что на странице 55.

```

70:85:c2:d2:9b:35 166 4
70:85:c2:d2:92:3d 85 4 teacher
70:85:c2:d2:93:10 86 4
70:85:c2:d2:9a:d1 87 4
70:85:c2:d2:92:92 88 4
70:85:c2:d2:9b:18 126 4 orig
70:85:c2:cc:0a:e8 150 4
70:85:c2:d2:9b:0e 151 4
70:85:c2:cc:0a:fa 149 4
70:85:c2:d2:9a:88 165 4
04:D4:C4:AA:25:C1 177 4
04:D4:C4:AA:35:58 178 4
04:D4:C4:AA:25:03 179 4
04:D4:C4:AA:24:C6 180 2 server
04:d4:c4:aa:35:59 181 2
04:D4:C4:AA:25:B6 182 2 backup
04:D4:C4:AA:34:BB 184 4
04:D4:C4:AA:30:80 185 4
04:D4:C4:AA:36:54 183 4
04:d4:c4:aa:34:af 176 4
70:85:c2:d2:9a:8a 122 4

```

В заключение скажу, что данный пример сделан для задачи, которая значительно отличается от вариантов заданий, перечисленных в начале раздела. Благодаря этому студенту предоставляется возможность в большей степени проявить свои творческие способности.