

# Необязательная практика 4: Ещё примеры архитектур

Юрий Литвинов

y.litvinov@spbu.ru

## 1. Git

Имеет смысл посмотреть первоисточники: краткий обзор архитектуры Git в «The Architecture of Open Source Applications»<sup>1</sup> и, что полезнее, но длиннее, глава 10 Git Book<sup>2</sup>.

Git, как известно, распределённая система контроля версий, поэтому весь репозиторий вынужден хранить локально и, если мы никуда push-ить не собираемся, как раз представляет собой локальную version control system (VCS), которую надо сделать в этой задаче (пользоваться гитом в решении, естественно, можно только по прямому назначению). Когда мы набираем `git init`, создаётся папка `.git`, где лежит вся информация гитового репозитория. Она имеет следующую структуру:

- **HEAD** — ссылка на текущую ветку, которую зачекалили в рабочей папке;
- **index** — staging area, то место, где формируется информация о текущем коммите;
- **config** — конфигурационные опции гита для этого репозитория;
- **description** — «is only used by the GitWeb program, so don't worry about it» (с) Git Book;
- **hooks/** — хук-скрипты (возможность исполнить произвольный код при каком-то действии типа коммита), про которые мы сейчас не будем и в домашке их поддерживать не надо;
- **info/** — тоже локальные настройки репозитория, сюда можно вписать игнорируемые файлы, которые вы не хотите писать в `.gitignore`, чтобы их не коммитить;
- **objects/** — самое интересное, тут лежит собственно то, что хранится в репозитории;
- **refs/** — тут лежат указатели на объекты из `objects` (ветки, как мы увидим в дальнейшем);
- ... — прочие штуки, которые появляются в процессе жизни репозитория и нам пока не интересны.

---

<sup>1</sup> <http://aosabook.org/en/git.html>

<sup>2</sup> <https://git-scm.com/book>

Гит вообще появился как набор утилит, которые позволяют быстро сделать систему контроля версий, а не как полноценная система контроля версий, так что у гита, помимо общеизвестных команд, есть и команды, позволяющие напрямую работать с репозиторием и делать с ним вручную ужасные вещи. Сам по себе репозиторий в гите — это просто хеш-таблица, которая отображает SHA-1-хеш файла в содержимое файла, ничего более. Можно класть в неё объекты (даже не обязательно файлы), можно получать. Например, вот так:

```
$ git init test
Initialized empty Git repository in /tmp/test/.git/
$ cd test
$ find .git/objects
.git/objects
.git/objects/info
.git/objects/pack

$ echo 'test content' | git hash-object -w --stdin
d670460b4b4aece5915caf5c68d12f560a9fe3e4

$ find .git/objects -type f
.git/objects/d6/70460b4b4aece5915caf5c68d12f560a9fe3e4
```

Создали пустой репозиторий, гит нам создал структуру папок `.git/objects`, пока пустую. Командой `git hash-object` мы положили в репозиторий новый объект — строчку `'test content'`. Ключ `-w` означает, что надо не просто посчитать хеш объекта, но и реально записать его на диск, ключ `--stdin` означает, что содержимое объекта надо получить из входного потока, а не из файла. Вызов этой команды вернул нам SHA-1-хеш того, что получилось, и заодно создал файл на диске с содержимым, положив его в `.git/objects`, в подпапку, называющуюся как первые два символа хеша, и в файл, называющийся как остальные 38 символов хеша.

Как достать то, что мы сохранили, обратно:

```
$ git cat-file -p d670460b4b4aece5915caf5c68d12f560a9fe3e4
test content
```

Команда `git cat-file` показывает содержимое файла, ключ `-p` говорит определить тип объекта и красиво показать его содержимое.

Уже можно сделать версионный контроль вручную с использованием рассмотренных команд (правда, для этого нам потребуется настоящий файл, версионировать строку, как в предыдущем примере, не интересно):

```
$ echo 'version 1' > test.txt
$ git hash-object -w test.txt
83baae61804e65cc73a7201a7252750c76066a30

$ echo 'version 2' > test.txt
$ git hash-object -w test.txt
1f7a7a472abf3dd9643fd615f6da379c4acb3e3a
```

```
$ find .git/objects -type f
.git/objects/1f/7a7a472abf3dd9643fd615f6da379c4acb3e3a
.git/objects/83/baae61804e65cc73a7201a7252750c76066a30
.git/objects/d6/70460b4b4aece5915caf5c68d12f560a9fe3e4

$ git cat-file -p 83baae61804e65cc73a7201a7252750c76066a30 > test.txt
$ cat test.txt
version 1

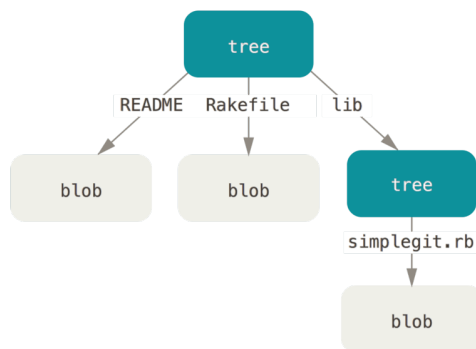
$ git cat-file -p 1f7a7a472abf3dd9643fd615f6da379c4acb3e3a > test.txt
$ cat test.txt
version 2
```

Каждая новая версия в данном случае хранится как отдельный объект, но всему своё время.

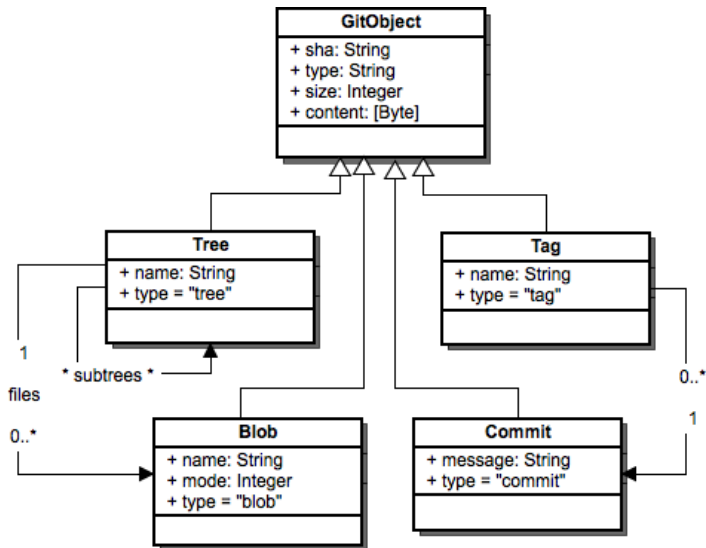
Объект, кстати, называется «blob» (Binary Large Object), и он хранит только данные, так что даже имя файла в нём не хранится, а, наверное, хотелось бы. За хранение имени файла, а также за хранение папок и вообще иерархии объектов отвечает объект «tree». Например, вот так могло бы выглядеть дерево, на которое указывает коммит master в некотором репозитории (два файла и одно поддерево):

```
$ git cat-file -p master^{tree}
100644 blob a906cb2a4a904a152e80877d4088654daad0c859    README
100644 blob 8f94139338f9404f26296befa88755fc2598c289    Rakefile
040000 tree 99f1a6d12cb4b6f19c8655fca46c3ecf317074e0    lib
```

Синтаксис master^{tree} говорит, что надо отобразить master как tree-объект, а не как commit-объект. Вот так можно себе представить дерево, приведённое в примере:



Вот примерная UML-диаграмма классов всех объектов, которые могут находиться в гитовом репозитории:



Все они являются объектами, поэтому имеют свой SHA-1-хеш, тип, который позволяет их отличить друг от друга, размер и данные. Blob и Tree мы уже видели, Tree содержит в себе поддеревья и Blob-ы. Осталось разобраться с коммитами и тэгами.

Коммиты нужны для хранения метаданных — кто сделал изменение, когда и почему. Дерево ничего такого не хранит, в этом смысле оно напоминает узел файловой системы (в UNIX-подобных системах распространён термин *inode*), так что на объекты из дерева ссылаются коммит-объекты. Вот так это выглядит:

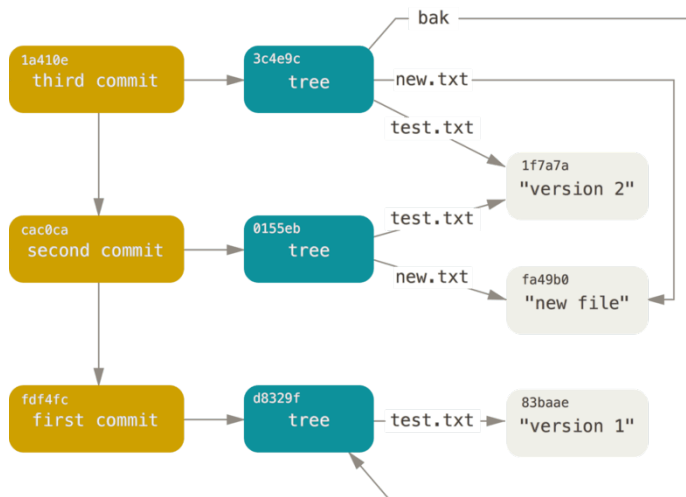
```

$ echo 'first commit' | git commit-tree d8329f
fdf4fc3344e67ab068f836878b6c4951e3b15f3d

$ git cat-file -p fdf4fc3
tree d8329fc1cc938780ffdd9f94e0d364e0ea74f579
author Scott Chacon <schacon@gmail.com> 1243040974 -0700
committer Scott Chacon <schacon@gmail.com> 1243040974 -0700

first commit
  
```

Ещё, что не показано на картинке, но тоже есть — коммит хранит список коммитов-родителей, но вообще понятие «родитель» для коммита связано с ветками, поэтому про них чуть попозже. Вот, наверное, знакомая картинка про то, как коммиты можно представлять себе в виде указателей на узлы дерева в базе:



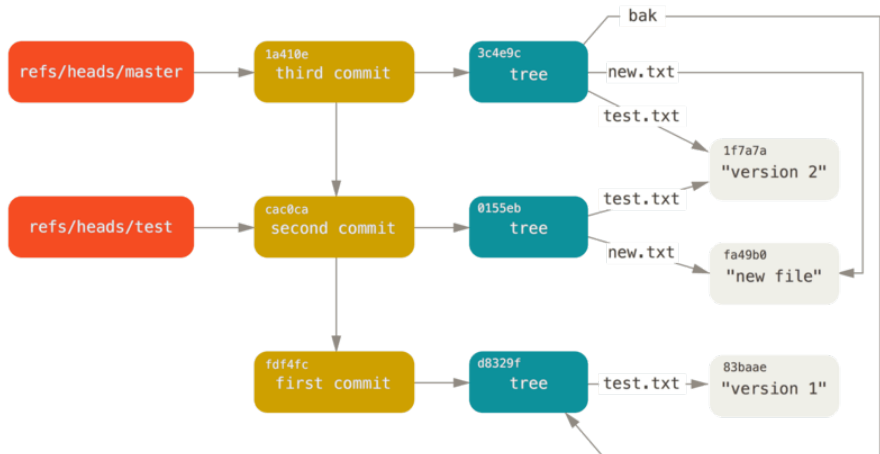
Теперь у нас есть объекты, хранящие в себе содержимое файлов (blob-ы), объекты, хранящие в себе структуру файлов и их имена (tree-объекты), объекты, хранящие в себе информацию об истории модификаций первых двух видов объектов, и уже, в принципе, система контроля версий могла бы получиться. Но пользоваться ей было бы очень неудобно, потому что каждый объект идентифицируется только своим SHA-1-хешем, и чтобы делать что-нибудь содержательное, надо было бы эти хеши помнить. Чтобы с этим помочь, придуманы references. Reference — это просто ссылка на коммит. Reference даже не объект, это просто файл, внутри которого лежит SHA-1-хеш объекта из базы. При этом reference-ы бывают двух типов — head-ы и tag-и. Они хранятся в папке `.git/refs`, `.git/refs/heads` и `.git/refs/tags` соответственно. Мы можем сделать свою собственную ветку, создав сами такой файл:

```
$ echo "1a410efbd13591db07496601ebc7a059dd55cfe9" > .git/refs/heads/master
```

```
$ git log --pretty=oneline master
```

```
1a410efbd13591db07496601ebc7a059dd55cfe9 third commit
cac0cab538b970a37ea1e769cbbde608743bc96d second commit
fdf4fc3344e67ab068f836878b6c4951e3b15f3d first commit
```

Совсем вручную это делать можно, но не принято, есть команда `git update-ref`, которая, во-первых, проверяет, что ref создаётся в правильной папке, во-вторых, заносит действие с reference в так называемый reflog, про который тоже чуть попозже, но вообще — это штука, которая помнит, что происходило со ссылками и может помочь восстановить случайно удалённую ветку. Традиционная картинка, поясняющая суть ссылок:



Среди всех ссылок выделяется самая главная, та, которая соответствует ветке, лежащей сейчас в рабочей копии. Она внезапно хранится не в `.git/refs`, а прямо в корне папки `.git`, в файле, который называется `HEAD`. Причём это даже не ссылка, а символическая ссылка, то есть ссылка на ссылку:

```
$ cat .git/HEAD
ref: refs/heads/master

$ git symbolic-ref HEAD refs/heads/test
$ cat .git/HEAD
ref: refs/heads/test
```

Команда `git symbolic-ref` нужна для «вежливого» обновления символической ссылки, которая проверяет корректность того, что происходит. Таким нехитрым образом можно переключаться между ветками, но обратите внимание, что `index` ничего про это не знает, так что файлы из старой ветки будут считаться добавленными к коммиту, потому что они были в её индексе и никто их оттуда не убрал. Так что `git checkout` всё-таки не только обновляет `HEAD`.

Последний из объектов, который надо рассмотреть — это тэги. Тэг — это просто указатель на коммит. Ну, на самом деле, не всё так просто, потому что мы видели его на диаграмме с объектами в базе, а `reference` — не объект. Дело в том, что тэги бывают двух типов — легковесные и аннотированные. Легковесный тэг — это просто ссылка на коммит, которая никогда никем не двигается (её можно продвинуть вручную, но это плохо, поскольку тогда у людей, имеющих копии вашего репозитория, тэги могут начать не совпадать). Аннотированный тэг — это уже полноценный объект, который указывает на коммит, и нужен он для того, чтобы иметь возможность добавить к тэгу разную метainформацию типа автора, сообщения и даты.

Пример, как сделать ручную легковесный тэг:

```
git update-ref refs/tags/v1.0 cac0cab538b970a37ea1e769cbbde608743bc96d
```

А вот аннотированный тэг и как он хранится:

```
$ git tag -a v1.1 1a410efbd13591db07496601ebc7a059dd55cfe9 -m 'test tag'

$ git cat-file -p 9585191f37f7b0fb9444f35a9bf50de191beadc2
object 1a410efbd13591db07496601ebc7a059dd55cfe9
type commit
tag v1.1
tagger Scott Chacon <schacon@gmail.com> Sat May 23 16:48:58 2009 -0700

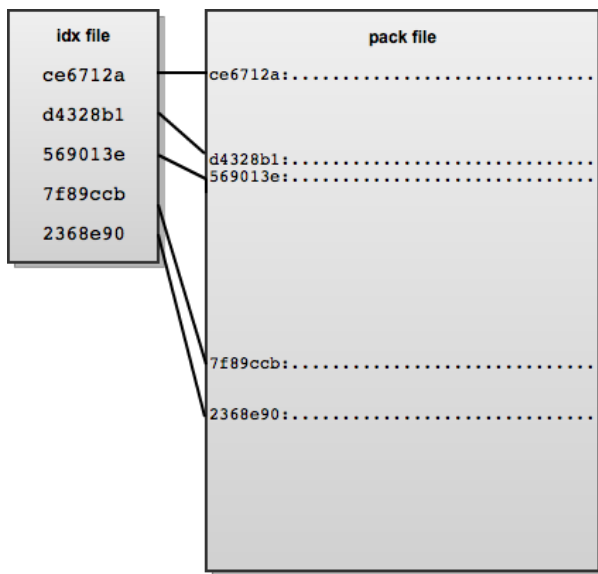
test tag
```

Казалось бы, теперь всё, но тут мы вспоминаем, что все объекты в репозитории всё ещё хранятся целиком, так что если у нас есть длиннющий исходник и мы в нём поменяли одну строчку, у нас получится два длиннющих исходника. Самое удивительное, что, в общем-то, в гите поначалу так и есть, репозиторий некоторое время просто раскопирует изменённые файлы. Естественно, файлы сжимаются zlib-ом, так что занимают чуть меньше места, чем могли бы, но всё равно, для системы контроля версий такая ситуация довольно странна. На помощь приходят pack-файлы:

```
$ git gc
Counting objects: 18, done.
Delta compression using up to 8 threads.
Compressing objects: 100% (14/14), done.
Writing objects: 100% (18/18), done.
Total 18 (delta 3), reused 0 (delta 0)

$ find .git/objects -type f
.git/objects/bd/9dbf5aae1a3862dd1526723246b20206e5fc37
.git/objects/d6/70460b4b4aece5915caf5c68d12f560a9fe3e4
.git/objects/info/packs
.git/objects/pack/pack-978e03944f5c581011e6998cd0e9e30000905586.idx
.git/objects/pack/pack-978e03944f5c581011e6998cd0e9e30000905586.pack
```

Тут мы выполнили команду `git gc` (Garbage Collect), в результате которой некоторые «нормальные» объекты удалились (на самом деле, все кроме «висячих», то есть недостижимых по ссылкам) и появилось два файла: `.idx` и `.pack`. Второй файл содержит упакованными все наши объекты, и тут уже применяется дельта-компрессия, причём, что интересно, последняя версия файла хранится целиком, а предыдущие версии — как дельты относительно более свежей версии, то есть как бы «назад» (что логично, скорее всего, последняя версия нужна чаще). Первый файл — это оглавление для второго файла, именно его передают по сети, когда делается `git push/git pull` и локальный или удалённый гит пытается понять, какой информации у него нету. Вот так примерно это выглядит:



Упаковка объектов в .pack-файлы происходит, когда:

- Выполняется git push;
- Слишком много «свободных» объектов (порядка 7000);
- Вручную вызвана git gc.

Если pack-файл уже есть, то новые объекты могут упаковаться в новый файл, оставив старый неизменённым, а может произойти перепакровка и несколько .pack-файлов будут слиты в один (важно понимать, что .pack-файлов может быть несколько и вся работа с ними скрыта от пользователя системы контроля версий). Почему всё так хитро — упаковка в .pack-файл требует пересчёта дельт и вообще очень трудоёмкая операция, так что делать её каждый коммит было бы очень раздражающе для пользователя. Есть ещё команда git gc --auto, которая проверяет, не надо ли запаковать объекты, она вызывается при каждом коммите и, как правило, ничего не делает, иногда всё-таки вызывая git gc. Внутри pack-файла можно посмотреть командой git verify-pack, не то чтобы сильно полезно на практике, так что подробности в Git Book.

Теперь бонусный контент про то, как устроен reflog и как восстановить случайно удалённую ветку. Все нормальные команды гита записывают всё, что они делали с reference-ами в файлы в папке logs, где, в частности, лежит лог того, что происходило со ссылкой HEAD, и его можно просмотреть командой git reflog:

```
$ git reflog
1a410ef HEAD@{0}: reset: moving to 1a410ef
ab1afef HEAD@{1}: commit: modified repo.rb a bit
484a592 HEAD@{2}: commit: added repo.rb
```

Или получить более подробную информацию командой git log -g:



```
$ git log -g
commit 1a410efbd13591db07496601ebc7a059dd55cfe9
Reflog: HEAD@{0} (Scott Chacon <schacon@gmail.com>)
Reflog message: updating HEAD
Author: Scott Chacon <schacon@gmail.com>
Date:   Fri May 22 18:22:37 2009 -0700
```

```
    third commit
$ git branch recover-branch ablafe
```

А теперь как более капитально прострелить себе ногу. Шаг 1, удаляем ветку:

```
$ git branch -D master
```

Шаг второй, сносим все логи, чтобы нельзя было восстановить ветку по SHA-1-хешу последнего коммита, на который она указывала:

```
$ rm -rf .git/logs/
```

Казалось бы, всё, репозиторий запорот и надо делать домашку заново? Нет, если база объектов на месте, можно воспользоваться командой `git fsck --full`, которая распечатает нам все висячие объекты вместе с их хешами:

```
$ git fsck --full
Checking object directories: 100% (256/256), done.
Checking objects: 100% (18/18), done.
dangling blob d670460b4b4aece5915caf5c68d12f560a9fe3e4
dangling commit ablafe80fac8e34258ff41fc1b867c702daa24b
dangling tree aea790b9a58f6cf6f2804eeac9f0abbe9631e4c9
dangling blob 7108f7ecb345ee9d0084193f147cdad4d2998293
```

Теперь мы можем посмотреть на них командой `git cat-file -p`, выбрать тот, который больше всего похож на последний коммит той ветки, которую мы удалили, и восстановить ветку по его хешу: `git branch recover-branch ablafe`. Ещё позитивно то, что Git не удалит даже «висячие» объекты несколько месяцев, если его явно не попросить, несмотря на то, как расшифровывается имя команды `git gc`, так что если вы потеряли ветку, то с большой вероятностью она всё ещё где-то есть и её можно восстановить.