

The logo consists of the letters 'hl' in white on a red square background, followed by two plus signs '++' in white to the right.

hl++

# HighLoad++

Web, кэширование и  
memcached

Андрей Смирнов (НетСтрим)

# Кэширование

- **Время отклика сервера** – важный фактор для пользователей.
- Для сложного сайта генерация одной страницы ~ 20-50 запросов к БД.
- Вычислительно сложные задачи (запросы) ~ 1-∞ секунд.
- Кэширование как способ **минимизации** времени отклика и **снижения** нагрузки на сервер.

## Кэш

- **Кэш** встречается везде: ЦП, жесткий диск, магнитола в машине, буферы ОС, ...
- **Успех кэша в принципе локальности.**



# memcached

- **Большая** хэш-таблица в памяти, доступная через сетевой протокол.
- **Операции:**
  - get/set/del
  - «Атомарность»
    - incr/decr
    - cas/add/replace
    - append/prepend

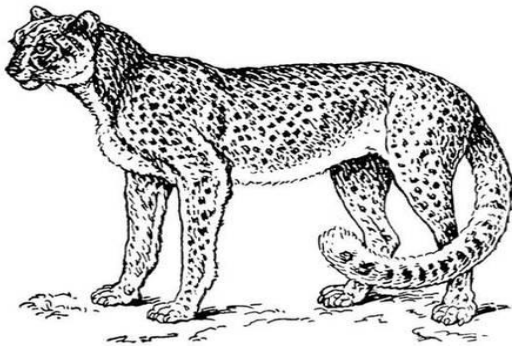


Brad Fitzpatrick

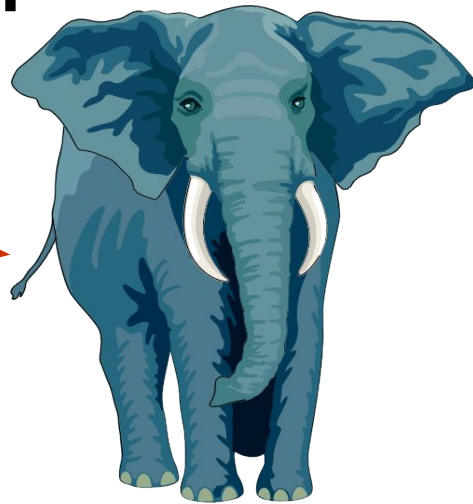
# Общая схема кэширования



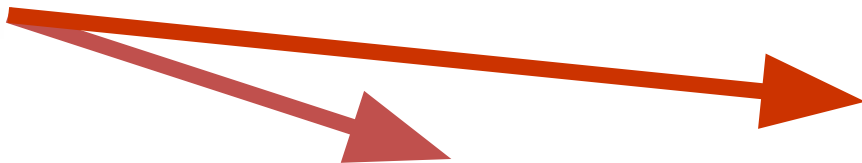
**Frontend**



**memcached**



**Backend: БД, и т.п.**



# Архитектура memcached

- Никаких вычислительно сложных операций.
- Все операции –  $O(1)$ .
- **Никаких нитей** – асинхронный ввод/вывод.
- Время отклика сервера – почти RTT.



# Потеря ключей

- Ограниченность объема памяти, выделенного memcached.
- Истек срок жизни ключа.
- Отказ сервера или процесса memcached.



# Применение memcached

- «Можно потерять»:
  - кэширование выборок БД;
  - вычислительно сложные значения.
- «Не хотелось бы потерять»:
  - счетчики посетителей, просмотров и т.п.
- «Совсем не должны терять»:
  - сессии пользователей.



## Задачи

1. Формирование ключа кэширования.
2. Кластеризация memcached.
3. Счетчики и атомарность.
4. Как избежать одновременного перестроения кэшей.
5. Сброс группы кэшей.
6. Анализ статистики memcached, slab-аллокатор.
7. Отладка memcached, дополнительные вопросы.

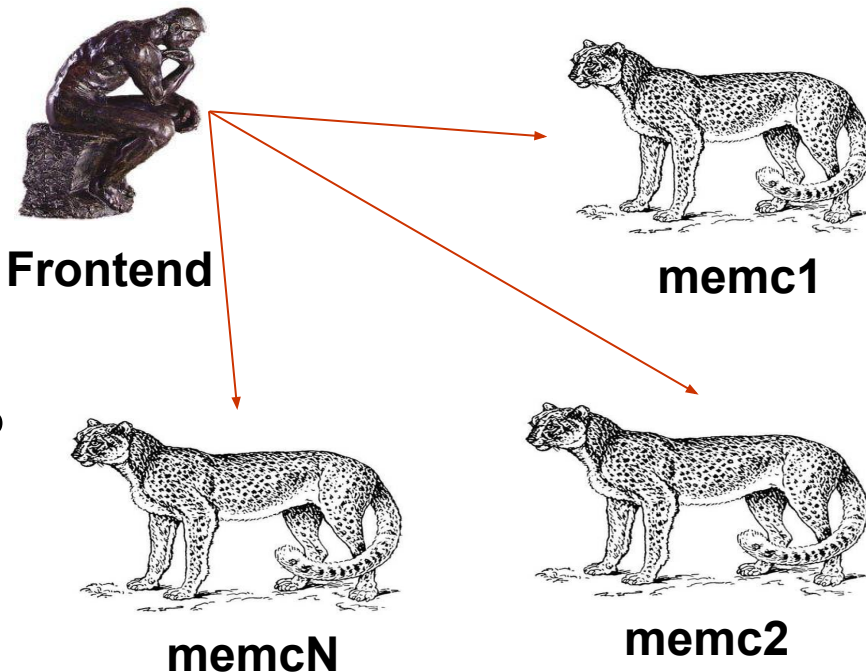
# Ключ кэширования

- **Ключ** – строка ограниченной длины.
  - По параметрам выборки должен однозначно определяться ключ.
  - При изменении параметров выборки ключ должен изменяться.
- **Вариант:** `ключ = md5(serialize(параметры))`



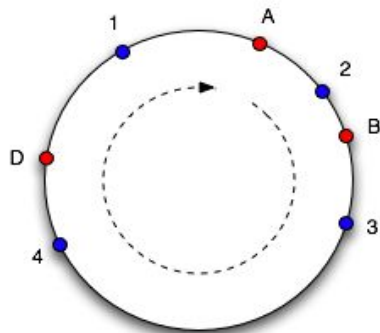
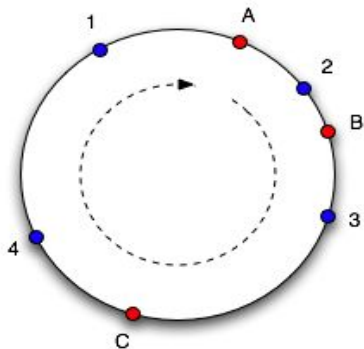
# Кластеризация memcached

- **Зачем:**
  - увеличение объема кэша;
  - обеспечение некоторой отказоустойчивости;
  - распределение нагрузки.
- Как распределить ключи?



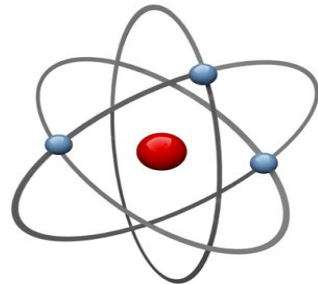
# Распределение ключей

- Необходима функция:  $f(\text{ключ}) = \text{номер\_сервера}$
- «Стандартный вариант» по модулю:  
 $f(\text{ключ}) = \text{crc32}(\text{ключ}) \% \text{кол-во\_серверов}$
- Consistent hashing:



# Атомарность операций

- memcached не обеспечивает операций блокировки.
- Обычные операции get/set не обеспечивают атомарности.
- Самые простые атомарные операции: инкремент/декремент (incr/decr).



# Счетчики в memcached

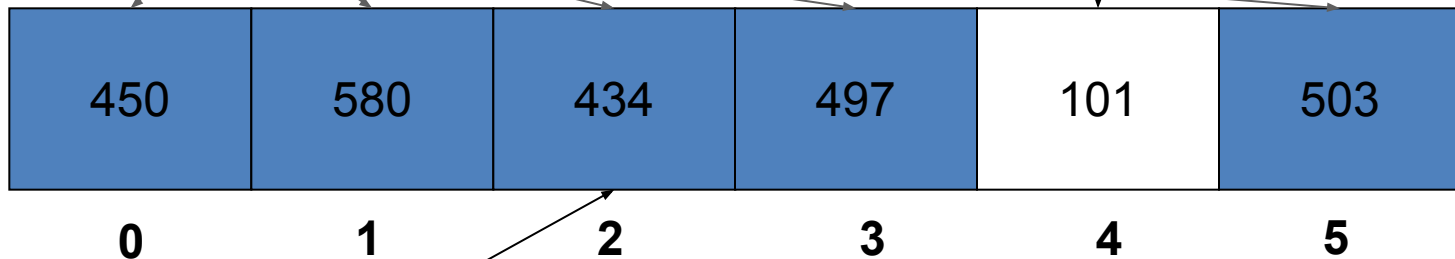
- Пример: счетчик просмотров в реальном времени.
  - число просмотров аккумулируется и сохраняется в БД;
  - после просмотра увеличиваем (incr) счетчик в memcached;
  - если получили ошибку, выбираем начальное значение из БД (set).
- Наличие **race condition**.



# Счетчик онлайнеров

Значение счетчика =  
 $\Sigma (5,0,1,2,3)$

Текущий изменяемый  
ключ



Время жизни каждого  
ключа – 5 минут

**Онлайнеры** – кол-во уникальных сессий за последние 5 минут

# Одновременное перестроение кэшей

- Пусть есть кэш с **большим** количеством обращений на чтение.
- В какой-то момент истекает срок жизни кэша.
- Большое число frontendов пытаются **одновременно** перестроить кэш.
- Получаем **огромную** нагрузку на backend в один момент времени.





# Решение проблемы

- Храним ключи кэшей без ограничения по времени.
- В значение кэша записываем реальное время жизни кэша.
- Если получили **устаревший** кэш, предпринимаем попытку перестроения с **блокировкой**.
- **Если** кто-то **уже** перестраивает кэш, подождем или **вернём старое значение**.

## Пример

1. Обращаемся за кэшем, например 'user\_info\_id\_159'
2. Сравниваем срок годности с текущим временем.
3. Кэш «**протух**» → необходимо его построить заново.

Ключ user\_info\_id\_159:

```
срок годности:  
    2008-10-07 21:00  
данные кэша: [  
    id: 159  
    login: 'user'  
    nick: 'Hello'  
    ...  
    ]
```

## Пример

- Пытаемся заблокироваться по ключу `user_info_id_159_lock`.
- **Не удалось** получить блокировку:
  - ждём снятия блокировки;
  - не дождалась: возвращаем старые данные кэша;
  - дождалась: выбираем значения ключа заново, возвращаем новые данные (построенный кэш другим процессом).
- **Удалось** получить блокировку:
  - строим кэш самостоятельно.

## Блокировки в memcached

- Первый вариант: **get/set** блокировка
  - `get(lock) ? 1 → locked`
  - `set(lock, 1, small_timeout) ... delete(lock)`
  - неатомарная, простая, работоспособна для нас.
- Корректная блокировка: **gets/cas** блокировка
  - `gets(lock) → значение, unique`
  - `cas(lock, 1, unique, small_timeout)`
  - атомарна, корректна.



## Сброс группы кэшей

- Один и тот же объект часто входит в несколько разных выборок, а значит и кэшей, т.е. изменение объекта должно приводить к инвалидации группы кэшей.
- memcached не поддерживает «папки», т.к. это противоречит сложности  $O(1)$  для всех операций.
- **Что делать?**



# Тэгирование кэшей

- **Тэг** – это имя и версия группы кэшей.
- Версия – монотонно увеличивающееся число.
- Сброс группы кэшей – увеличение версии тэга группы.



## Тэгирование кэшей

- В memcached вместе с данными кэша отправляем **номера версий всех тэгов**, которые были актуальны на момент создания кэша.
- При получении кэша, он считается **валидным**, если:
  - у него не истекло собственное «время жизни»;
  - текущая версия всех тэгов, с которыми связан кэш, равна версиям, записанным в кэше.



# Пример

Было:

tag1 → 25

tag2 → 63

Записали в кэш:

срок годности: 2008-10-07 21:00

данные кэша: [ ...  
]

тэги: [  
tag1 : 25  
tag2 : 63  
]



hl<sup>++</sup>

HighLoad<sup>++</sup>

Пример

tag2<sup>++</sup>

## Пример

Стало:

tag1 → 25

tag2 → 64

Лежит в кэше:

срок годности: 2008-10-07 21:00

данные кэша: [ ...  
]тэги: [  
tag1 : 25  
tag2 : 63  
]

кэш устарел!

## Версия тэга и слейвы БД

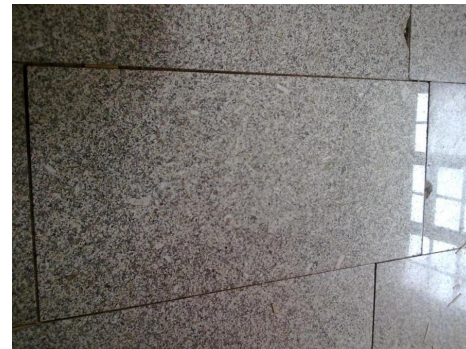
- Удачный вариант версии – текущее время:
  - монотонно увеличивается;
  - при потере значения тэга в memcached корректно восстанавливается.
- Версия в виде времени может использоваться для компенсации задержки в синхронизации слейвов БД:
  - если (текущее время – версия) < 10 сек., используем для выборки мастера.

## Статистика memcached

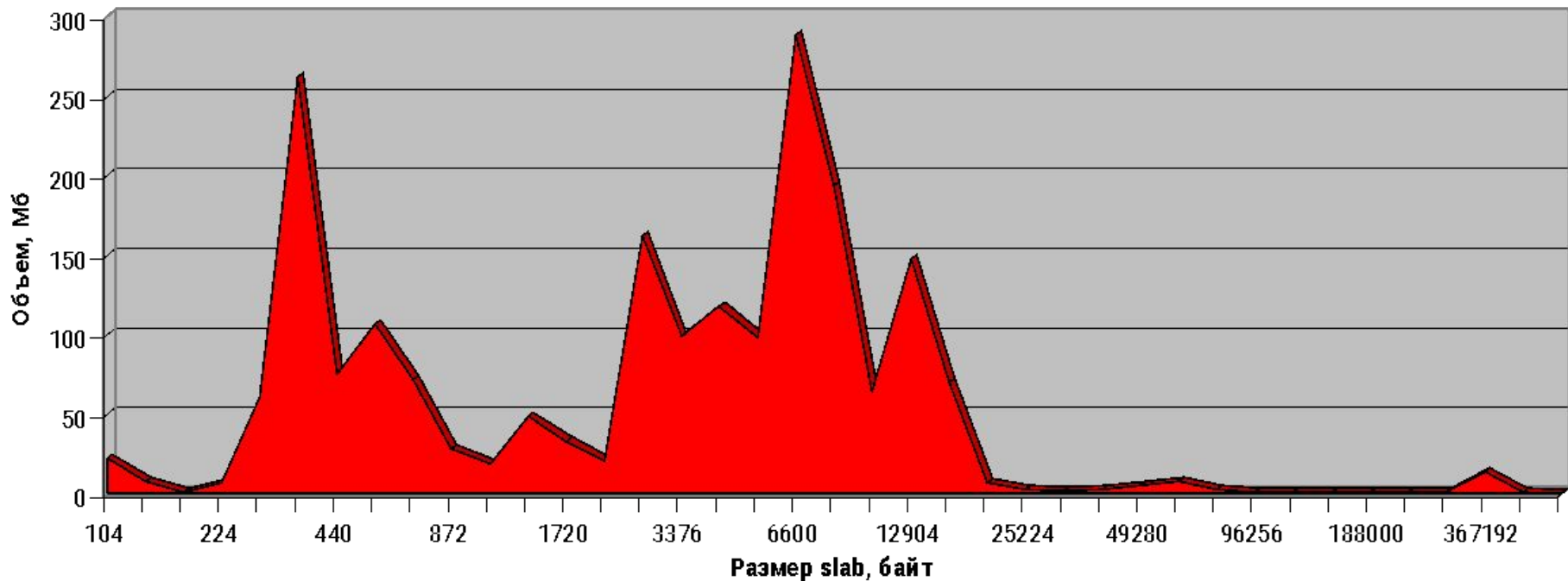
- Команда **stats** позволяет получить различную статистику по работе memcached.
- «Обычная статистика»:
  - процент хитов по отношению к общему числу «get» (эффективность кэша);
  - ключи, удаленные раньше времени из кэша (достаточность объема памяти);
  - объем памяти процесса, uptime и т.п.

## slab-аллокатор

- Баланс между внутренней фрагментацией и эффективностью использования памяти.
- Эффективные  $O(1)$  алгоритмы.
- Набор slab'ов под блоки predetermined размера: 64, 128, 256, ...,  $2^{10}$ .
- Каждый slab: использовано кусков, занято кусков, список свободных кусков, очередь LRU.



# Статистика slab-аллокатора



# Отладка memcached

- Проблемы плохо воспроизводятся в локальном/тестовом окружении.
- Отладка возможна только в реальном времени (без остановок).
- Вариант решения: одно действие – один символ в лог:

**MLWUNNNNNNNNNNNNNNNNNMLLNNNNNNNNNN**



## Дополнительные вопросы

- memcached как способ межпроцессного/межъязыкового взаимодействия;
- Кэширование memcached («кэширование кэша»): в теле процесса, в локальном кэше (eAccelerator и т.п.)
- Другая семантика: memcachedb, memcacheq, и т.п.



hl<sup>++</sup>

# HighLoad++

## Всё!

- Вопросы?
- Контакты:
  - [smira@netstream.ru](mailto:smira@netstream.ru)
  - <http://smira.ru/>