



Сопровождение PostgreSQL

Процедура очистки и задачи, которые она решает

Мониторинг индексов и их перестроение

Обязательные периодические задачи

очистка страниц от старых версий строк

обновление статистики

обновление карт видимости и свободного пространства

избежание переполнения номера транзакции

мониторинг индексов

резервное копирование

} vacuum

Выполняются фоновыми процессами или вручную (скриптами)

Фоновый процесс autovacuum

выполняется параллельно с другими транзакциями,
но создает дополнительную нагрузку на подсистему ввода-вывода
частота запуска динамически меняется в зависимости от частоты
изменений

работает постранично и не уменьшает размер файлов
настраивается конфигурационными параметрами

VACUUM

vacuum *таблица*

очистка таблицы

vacuum

очистка всей БД

\$ vacuumdb

обертка для использования в ОС

позволяет выполнять очистку по желанию

можно отключить фоновый процесс параметром autovacuum
и выполнять очистку в часы низкой нагрузки

при высокой частоте обновлений размер объектов может успеть
существенно вырасти

VACUUM FULL

`# vacuum full таблица`

очистка таблицы

`# vacuum full`

очистка всей БД

`$ vacuumdb --full`

обертка для использования в ОС

полностью перезаписывает содержимое таблиц и индексов, уменьшая размер файлов и минимизируя место

требует эксклюзивной блокировки

полезен при полном или существенном изменении таблиц

альтернативой может оказаться TRUNCATE вместо DELETE

Фоновый процесс autovacuum

автоматически обновляет статистику при значительных изменениях

ANALYZE

<code># analyze [таблица]</code>	обновление статистики (анализ)
<code>\$ vacuumdb --analyze-only</code>	обертка

обновляет статистику по случайной выборке данных
размер выборки настраивается

VACUUM

<code># vacuum analyze [таблица]</code>	очистка и анализ
<code>\$ vacuumdb --analyze</code>	обертка

помимо очистки также обновляет статистику

Карта видимости (vm)

битовая карта страниц с видимыми всем версиями строк
(отмечает «давно не менявшиеся» страницы)

признак видимости сбрасывается при любом изменении,
а устанавливается автоматически в процессе очистки

используется для оптимизации доступа

Карта свободного пространства (fsm)

структура, отмечающая не полностью заполненные страницы

обновляется в том числе при очистке

используется для поиска страниц при вставке новых строк

Номер транзакции упорядочивает события

для MVCC важно не точное время, а порядок транзакций
транзакция началась позже = номер транзакции больше
под номер отведено 32 бита

из-за возможности переполнения номера закольцованы: для каждой транзакции половина номеров — «до» и половина — «после»

Фоновый процесс autovacuum

время от времени помечает (замораживает) «достаточно старые» транзакции, чтобы их номер можно было безопасно переиспользовать
заморозка выполняется, даже если autovacuum выключен
если дошли по кругу до не замороженной транзакции, сервер принудительно останавливается

«Лишние» индексы

не используемые (мониторинг `pg_stat_all_indexes.idx_scan`)
дублирующиеся или пересекающиеся (запросы к `pg_index`)
проблемы: накладные расходы на изменения, место на диске
решение: удаление лишних индексов (аккуратное)

Разрастание индексов

мониторинг `pg_relation_size()`
проблемы: место на диске, уменьшение эффективности
решение: перестроение индексов

REINDEX

<code># reindex index <i>индекс</i></code>	перестроить индекс
<code># reindex table <i>таблица</i></code>	перестроить все индексы таблицы
<code># reindex database <i>база</i></code>	перестроить все индексы БД
<code># reindex system</code>	перестроить все индексы

перестраивает индекс, минимизируя занимаемое место
устанавливает эксклюзивную блокировку

VACUUM FULL

вместе с таблицей перестраивает и индексы
также устанавливает эксклюзивную блокировку

Пересоздание без эксклюзивной блокировки

```
# create index new on ... concurrently;  
# drop index old;
```

допускается создание нескольких индексов по одним и тем же полям

не все типы индексов поддерживают неблокирующее создание

неблокирующее создание не транзакционно

неблокирующее создание может завершиться неудачно

Индекс с ограничением целостности

```
# create unique index new on ... concurrently;  
# alter table ...  
  drop constraint old,  
  add constraint new [unique|primary key] using index new;
```

Рассмотрели процесс очистки и задачи, которые он решает:

- удаление старых версий строк

- сбор статистики

- обновление карт видимости и свободного пространства

- борьба с переполнением номера транзакции

Разобрались с мониторингом и пересозданием индексов

1. Отключить процесс `autovacuum` и убедиться, что он не работает.
2. В базе данных DB15 создать таблицу с одним числовым столбцом и индекс по этой таблице.
3. Вставить в таблицу 100 000 случайных чисел.
4. Несколько раз изменить половину строк таблицы, контролируя на каждом шаге размер таблицы и индекса
5. Выполнить `vacuum full`.
6. Повторить пункт 4, вызывая после каждого изменения `vacuum`.
7. Включить `autovacuum`.



Авторские права

Курс «Администрирование PostgreSQL 9.4. Базовый курс» разработан в компании Postgres Professional (2015 год).

Авторы: Егор Рогов, Павел Лузанов

Использование материалов курса

Некоммерческое использование материалов курса (презентации, демонстрации) разрешается без ограничений. Коммерческое использование возможно только с письменного разрешения компании Postgres Professional. Запрещается внесение изменений в материалы курса.

Обратная связь

Отзывы, замечания и предложения направляйте по адресу:
edu@postgrespro.ru

Отказ от ответственности

Компания Postgres Professional не несет никакой ответственности за любые повреждения и убытки, включая потерю дохода, нанесенные прямым или косвенным, специальным или случайным использованием материалов курса. Компания Postgres Professional не предоставляет каких-либо гарантий на материалы курса. Материалы курса предоставляются на основе принципа «как есть» и компания Postgres Professional не обязана предоставлять сопровождение, поддержку, обновления, расширения и изменения.

Процедура очистки и задачи, которые она решает

Мониторинг индексов и их перестроение

Обязательные периодические задачи

- очистка страниц от старых версий строк
- обновление статистики
- обновление карт видимости и свободного пространства
- избежание переполнения номера транзакции
- мониторинг индексов
- резервное копирование

} vacuum

Выполняются фоновыми процессами или вручную (скриптами)

Сопровождение СУБД требует обязательного периодического выполнения ряда задач. Часть задач решается фоновыми процессами PostgreSQL, часть может выполняться вручную или скриптами, поставленными на расписание.

Задачи очистки страниц от старых версий строк, обновления карт видимости и свободного пространства, избежания циклического переполнения номера транзакции решаются процессом очистки (vacuum).

<http://www.postgresql.org/docs/current/static/routine-vacuuming.html>

Обновление статистики может выполняться как процессом очистки, так и отдельно.

Индексы требуют определенного присмотра и иногда может потребоваться их перестроение.

<http://www.postgresql.org/docs/current/static/routine-reindex.html>

Резервное копирование — достаточно большая самостоятельная тема и разбирается отдельно.

Фоновый процесс autovacuum

выполняется параллельно с другими транзакциями,
но создает дополнительную нагрузку на подсистему ввода-вывода
частота запуска динамически меняется в зависимости от частоты
изменений

работает постранично и не уменьшает размер файлов
настраивается конфигурационными параметрами

Необходимость очистки вызвана тем, что при изменении и удалении строк в страницах сохраняются их старые версии, как того требует механизм многоверсионности (см. тему «Архитектура»).

Существует несколько способов очистки страниц от версий строк, которые больше не требуются ни для одного снимка.

Основной способ — фоновый процесс autovacuum. Он выполняется периодически с частотой, которая зависит от частоты изменений в системе, чтобы не допустить существенного разрастания файлов. Процесс работает параллельно с другими транзакциями, обрабатывая файлы постранично. Из-за этого он не минимизирует место, занимаемое объектами, и не уменьшает размер файлов (за исключением случая, когда несколько страниц в конце файла освобождаются полностью).

Поскольку процесс создает дополнительную нагрузку на систему, в частности, на ввод-вывод, он может быть настроен таким образом, чтобы оказывать меньшее влияние за счет более длительного суммарного времени выполнения.

<http://www.postgresql.org/docs/current/static/runtime-config-resource.html>

VACUUM

# vacuum <i>таблица</i>	очистка таблицы
# vacuum	очистка всей БД
\$ vacuumdb	обертка для использования в ОС

позволяет выполнять очистку по желанию

можно отключить фоновый процесс параметром autovacuum
и выполнять очистку в часы низкой нагрузки

при высокой частоте обновлений размер объектов может успеть
существенно вырасти

Ручной запуск vacuum при выключенном процессе autovacuum позволяет перенести очистку на те часы, когда нагрузка на систему минимальна (например, раз в сутки ночью). Однако при большом объеме изменений (в частности, внеплановом) файлы могут успеть существенно вырасти в размерах.

Ручной запуск может использоваться и вместе с autovacuum.

<http://www.postgresql.org/docs/current/static/sql-vacuum.html>

VACUUM FULL

# vacuum full <i>таблица</i>	очистка таблицы
# vacuum full	очистка всей БД
\$ vacuumdb --full	обертка для использования в ОС

полностью перезаписывает содержимое таблиц и индексов, уменьшая размер файлов и минимизируя место

требует эксклюзивной блокировки

полезен при полном или существенном изменении таблиц

альтернативой может оказаться TRUNCATE вместо DELETE

При хорошо настроенном процессе файлы данных вырастают на некоторую постоянную величину за счет обновлений между запусками очистки. Если файлы выросли больше, чем это представляется разумным (например, за счет массовых внеплановых изменений), то для освобождения места потребуется запуск `vacuum full`.

Эта программа полностью перезаписывает содержимое таблиц и индексов, минимизируя занимаемое место. Однако этот процесс требует эксклюзивной блокировки и поэтому не может выполняться параллельно с другими транзакциями.

Если речь идет об очистке таблиц после массовых удалений строк, то хорошей альтернативой является выполнение `truncate` вместо `delete`. `Truncate` сразу же освобождает все строки, не требуя дополнительной очистки. Но надо иметь в виду, что `truncate` хотя и является транзакционной командой (может быть отменен командой `rollback`), но ведет себя не так, как `delete`: он устанавливает эксклюзивную блокировку на таблицу. Таким образом, `truncate` начнет выполняться только после завершения всех транзакций, использующих таблицу (хотя бы и для чтения), и пока транзакция с `truncate` не завершится, любой доступ к таблице будет заблокирован (хотя бы и на чтение).

Если продолжительная эксклюзивная блокировка нежелательна, можно рассмотреть стороннее расширение `pg_repack`, позволяющее выполнить перестроение таблицы без нее.

Фоновый процесс autovacuum

автоматически обновляет статистику при значительных изменениях

ANALYZE

```
# analyze [таблица]           обновление статистики (анализ)
$ vacuumdb --analyze-only     обертка
```

обновляет статистику по случайной выборке данных
размер выборки настраивается

VACUUM

```
# vacuum analyze [таблица]    очистка и анализ
$ vacuumdb --analyze          обертка
```

помимо очистки также обновляет статистику

Точная и актуальная статистика жизненно необходима для правильной работы оптимизатора.

Фоновый процесс autovacuum, помимо очистки, выполняет сбор и обновление статистики по изменяющимся таблицам.

Если этого недостаточно, статистику можно обновить в ручном режиме с помощью отдельной команды (analyze) или вместе с очисткой (vacuum analyze).

При сборе статистики читается случайная выборка данных. Это позволяет быстро собирать статистику даже по большим таблицам. Результат получается не точный, но в большинстве случаев в этом нет ничего страшного. При необходимости размер выборки можно увеличить.

<http://www.postgresql.org/docs/current/static/sql-analyze.html>

Карта видимости (vm)

битовая карта страниц с видимыми всем версиями строк (отмечает «давно не менявшиеся» страницы)
признак видимости сбрасывается при любом изменении, а устанавливается автоматически в процессе очистки
используется для оптимизации доступа

Карта свободного пространства (fsm)

структура, отмечающая не полностью заполненные страницы
обновляется в том числе при очистке
используется для поиска страниц при вставке новых строк

Карта видимости отмечает страницы, которые содержат только такие версии строк, которые видны всем транзакциям. Иными словами, в странице не должно быть двух версий одной и той же строки. Фактически, это страницы, которые не изменялись достаточно давно.

Карта видимости хранится в отдельном (небольшом, по сравнению с размером данных) файле `vm`.

Карта используется для оптимизации доступа. В частности, процессу очистки нет необходимости просматривать отмеченные страницы, так как они давно не менялись и в них нечего очищать.

При всяком изменении данных в странице признак видимости этой страницы сбрасывается. Установка признака происходит автоматически при любом из вариантов очистки.

<http://www.postgresql.org/docs/current/static/storage-vm.html>

Карта свободного пространства отмечает страницы, не полностью заполненные данными.

Эта карта хранится в отдельном файле `fsm`.

Карта используется для поиска страницы при вставке (и обновлении, так как обновление трактуется как удаление и вставка) новых строк.

Карта свободного пространства обновляется, в том числе, процессом очистки.

<http://www.postgresql.org/docs/current/static/storage-fsm.html>

Номер транзакции упорядочивает события

для MVCC важно не точное время, а порядок транзакций
транзакция началась позже = номер транзакции больше
под номер отведено 32 бита
из-за возможности переполнения номера закольцованы: для каждой транзакции половина номеров — «до» и половина — «после»

Фоновый процесс autovacuum

время от времени помечает (замораживает) «достаточно старые» транзакции, чтобы их номер можно было безопасно переиспользовать
заморозка выполняется, даже если autovacuum выключен
если дошли по кругу до не замороженной транзакции, сервер принудительно останавливается

PostgreSQL упорядочивает события с помощью номеров транзакций: из двух транзакций позже началась та, у которой номер больше. Такого порядка достаточно, так как для MVCC важно не точное время, а именно порядок транзакций.

Но под номер транзакции отведено 32 бита. В сильно нагруженной системе может произойти переполнение: при очередном увеличении номера он сбросится в ноль и упорядоченность нарушится. (Для этого система должна работать без перерыва с постоянной нагрузкой 1000 транзакций в секунду на протяжении полутора месяцев.)

Чтобы не допустить такой ситуации, пространство номеров рассматриваются в виде кольца: для любой транзакции половина номеров находится в прошлом, а другая половина — в будущем.

Однако дойдя по кольцу до очень старой транзакции, мы увидим ее в будущем, что приведет к нарушению целостности базы данных. Поэтому фоновый процесс autovacuum время от времени помечает транзакции, которые видны уже в каждом снимке, как «замороженные», причем это происходит, даже если autovacuum отключен. Замороженные транзакции всегда считаются принадлежащими прошлому, какой бы номер у них ни был.

Если же серверу встречается не замороженная транзакция, он принудительно останавливается. После этого администратор должен стартовать сервер и выполнить очистку, прежде чем можно будет продолжить использовать систему.

«Лишние» индексы

не используемые (мониторинг `pg_stat_all_indexes.idx_scan`)
дублирующиеся или пересекающиеся (запросы к `pg_index`)
проблемы: накладные расходы на изменения, место на диске
решение: удаление лишних индексов (аккуратное)

Разрастание индексов

мониторинг `pg_relation_size()`
проблемы: место на диске, уменьшение эффективности
решение: перестроение индексов

Индексы — достаточно сложные структуры по сравнению с таблицами. При активном удалении и вставке строк, индексы могут необоснованно увеличиваться в объеме. Например, если речь идет о индексах b-tree, индексная страница при переполнении делится на две, которые уже никогда не объединяются, даже если все строки, на которые ссылались записи из этих страниц, удалены. Освободившееся место, безусловно, доступно для вставки новых записей, но при неудачном раскладе индекс тем не менее может «распухнуть».

Администратор должен присматривать за индексами и при необходимости перестраивать их.

<http://www.postgresql.org/docs/current/static/sql-reindex.html>

REINDEX

<code># reindex index индекс</code>	перестроить индекс
<code># reindex table таблица</code>	перестроить все индексы таблицы
<code># reindex database база</code>	перестроить все индексы БД
<code># reindex system</code>	перестроить все индексы

перестраивает индекс, минимизируя занимаемое место
устанавливает эксклюзивную блокировку

VACUUM FULL

вместе с таблицей перестраивает и индексы
также устанавливает эксклюзивную блокировку

Перестраивание может выполняться командой `reindex`. Она заново пересоздает индекс и заменяет им старый. Она, однако, устанавливает на таблицу эксклюзивную блокировку, поэтому любая параллельная работа с таблицей будет приостановлена.

Индексы также перестраиваются при выполнении `vacuum full`, но тоже с эксклюзивной блокировкой.

<http://www.postgresql.org/docs/current/static/sql-reindex.html>

Пересоздание без эксклюзивной блокировки

```
# create index new on ... concurrently;  
# drop index old;
```

допускается создание нескольких индексов по одним и тем же полям

не все типы индексов поддерживают неблокирующее создание

неблокирующее создание не транзакционно

неблокирующее создание может завершиться неудачно

Индекс с ограничением целостности

```
# create unique index new on ... concurrently;  
# alter table ...  
  drop constraint old,  
  add constraint new [unique|primary key] using index new;
```

Альтернативный способ — перестроение индекса вручную в несколько шагов.

Сначала создается новый индекс в неблокирующем режиме (ключевое слово `concurrently`), который позволяет вести параллельную работу с таблицей. Однако неблокирующее создание может завершиться неудачно (из-за взаимоблокировок) — в таком случае индекс потребуется удалить и попробовать создать еще раз. Кроме того, такая операция не может выполняться внутри транзакции.

Затем старый индекс удаляется. Либо, если индекс участвует в ограничении целостности, старое ограничение удаляется (при этом удаляется и старый индекс) и создается новое.

<http://www.postgresql.org/docs/current/static/sql-createindex.html>

<http://www.postgresql.org/docs/current/static/sql-altertable.html>

Рассмотрели процесс очистки и задачи, которые он решает:

- удаление старых версий строк

- сбор статистики

- обновление карт видимости и свободного пространства

- борьба с переполнением номера транзакции

Разобрались с мониторингом и пересозданием индексов

1. Отключить процесс `autovacuum` и убедиться, что он не работает.
2. В базе данных DB15 создать таблицу с одним числовым столбцом и индекс по этой таблице.
3. Вставить в таблицу 100 000 случайных чисел.
4. Несколько раз изменить половину строк таблицы, контролируя на каждом шаге размер таблицы и индекса
5. Выполнить `vacuum full`.
6. Повторить пункт 4, вызывая после каждого изменения `vacuum`.
7. Включить `autovacuum`.