

# Расширяемость Обзор полнотекстового поиска



## Авторские права

© Postgres Professional, 2017–2024

Авторы: Егор Рогов, Павел Лузанов, Илья Баштанов, Игорь Гнатюк

Фото: Олег Бартунов (монастырь Пху и пик Бхрикути, Непал)

## 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](mailto: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.

Зачем нужен полнотекстовый поиск?

Документы и запросы

Анализаторы

Словари и шаблоны

Конфигурации

Индексная поддержка

## Средства SQL — LIKE, регулярные выражения

- нет морфологического поиска
- нет возможности ранжирования результатов
- нет индексной поддержки

## Внешние поисковые системы

- сложно синхронизировать с базой данных
- отсутствие транзакционности
- нет доступа к метаданным
- сложности с разграничением доступа

В инструментарии SQL уже есть средства поиска по тексту. Это и совсем простые команды LIKE и ILIKE, и упрощенные регулярные выражения SIMILAR TO, и полноценные регулярные выражения (оператор ~). Зачем нужен отдельный механизм?

Имеющиеся средства не позволяют искать с учетом разных словоформ, не позволяют ранжировать результаты по релевантности, имеют ограниченную индексную поддержку (для простого случая префиксного поиска, либо с помощью триграмм, как было показано в практике темы «Классы операторов»).

Для поиска можно использовать внешние поисковые системы. Но и они имеют ряд ограничений, которые невозможно преодолеть из-за того, что такие системы оторваны от базы данных. Их сложно синхронизировать с актуальным содержимым БД; они не транзакционны; они видят только те документы, которые им показывают, и не видят остальной информации в базе; сложно реализовать разграничение прав доступа к информации.

Полнотекстовый поиск позволяет преодолеть ограничения обычных средств SQL и сохранить все их преимущества.

<https://postgrespro.ru/docs/postgresql/16/textsearch>

## Документ

произвольный текст, который можно разобрать на слова (лексемы)  
docx, pdf и т. п. надо предварительно преобразовать в текст  
внутреннее компактное представление tsvector

## Запрос

одна или несколько лексем, соединенных логическими связками:

&	и
	или
!	не
< - >	предшествует (фразовый поиск)
( )	для изменения приоритета

внутреннее представление tsquery

Документ, по которому нужен поиск, должен быть предварительно переведен в специальное представление — тип данных tsvector.

Исходный документ может быть произвольным текстом, который можно разобрать на отдельные слова (точнее, лексем — разницу подробнее рассмотрим дальше). По двоичным документам тоже можно искать, если предварительно перевести их в текстовый вид (с помощью сторонних библиотек).

Поисковый запрос также должен быть представлен значением специального типа — tsquery. Запрос может состоять либо из одной лексемы, либо из нескольких лексем, связанных логическими операторами «и», «или», «не». Также поддерживается оператор предшествования, который обеспечивает фразовый поиск: можно найти документ, содержащий заданные слова не в любом месте, а стоящие рядом (или на определенном расстоянии друг от друга).

<https://postgrespro.ru/docs/postgresql/16/datatype-textsearch>

## Соответствие документа запросу

оператор @@

## Релевантность

веса лексем (A, B, C, D в порядке убывания важности)

ts\_rank — по частоте найденных лексем

ts\_rank\_cd — также учитывает близость лексем

оператор расстояния <=> (расширение rum)

Чтобы проверить, соответствует ли документ (точнее, его представление в виде tsvector) запросу (точнее, его представлению tsquery), надо использовать оператор @@.

Результаты запроса можно ранжировать по «релевантности», чтобы понять, какие из найденных документов больше соответствуют запросу, а какие — меньше.

Релевантность учитывает вес лексем, который может быть задан буквенной меткой от A до D. По умолчанию (если метки нету) лексеме присваивается наименьшая важность (D). Выделение весами позволяет считать более важными, например, слова из заголовка или краткой аннотации по сравнению со словами в основном тексте документа.

В PostgreSQL есть две встроенные функции: ts\_rank (учитывает, насколько часто лексемы из запроса встречаются в документе) и ts\_rank\_cd (дополнительно учитывает близость найденных лексем). Обе функции позволяют отмасштабировать свой результат с учетом размера документа.

<https://postgrespro.ru/docs/postgresql/16/functions-textsearch>

Расширение rum (<https://github.com/postgrespro/rum>) вводит еще одну возможность: оператор расстояния <=>, представляющий собой комбинацию функций ts\_rank и ts\_rank\_cd.

Заметим, что в PostgreSQL не реализована возможность поиска документов, «похожих» на другой документ (основанная, например, на методе TF-IDF).

## Язык запросов

Будем знакомиться с полнотекстовым поиском на примере базы сообщений из рассылки postgres-hackers за 1997-2017 года.

Эта база уже загружена из резервной копии командой

```
student$ zcat ~/mail_messages.sql.gz | psql -d ext_fts_overview
```

```
=> \c ext_fts_overview
```

You are now connected to database "ext\_fts\_overview" as user "student".

База представлена одной таблицей:

```
=> SELECT id, parent_id, sent, subject, author, left(body_plain,400) body
FROM mail_messages LIMIT 1 \gx
```

```
-[ RECORD 1 ]-----
id           | 1842152
parent_id    | 1842072
sent         | 2014-04-05 07:39:03
subject      | Re: [PATCH] Negative Transition Aggregate Functions (WIP)
author       | Dean Rasheed <dean.a.rasheed@gmail.com>
body         | On 4 April 2014 11:56, Florian Pflug <fgp@phlo.org> wrote:
              | >
              | >> On 04.04.2014, at 09:40, Dean Rasheed <dean.a.rasheed@gmail.com> wrote:
              | >>
              | >> I'm not sure how much additional work is required to sort this out,
              | >> but to me it looks more realistic to target 9.5 than 9.4, so at this
              | >> point I tend to think that the patch ought to be marked as returned
              | >> with feedback.
              | >
              | Just doing the first optim
```

Мы преимущественно будем смотреть на темы писем, потому что они достаточно короткие.

Общее количество записей:

```
=> SELECT count(*) FROM mail_messages;
```

```
count
-----
356125
(1 row)
```

Чтобы воспользоваться полнотекстовым поиском, документ надо привести к типу tsvector, а запрос — к типу tsquery. Простой пример, в котором поисковый запрос состоит из одного слова:

```
=> SELECT id, subject FROM mail_messages
WHERE to_tsvector(subject) @@ to_tsquery('magical')
ORDER BY id LIMIT 5;
```

```
id | subject
---+-----
1589495 | Pid file magically disappears
1609344 | about the magic(?) of malloc() and variable-length user-defined data type
1609348 | Re: about the magic(?) of malloc() and variable-length user-defined data type
1609350 | Re: about the magic(?) of malloc() and variable-length user-defined data type
1678485 | Re: [PATCHES] Magic block for modules
(5 rows)
```

Стоит обратить внимание, что найдены документы, содержащие разные формы слова magical, независимо от регистра букв. Позже мы узнаем, как это происходит.

Язык запросов позволяет использовать логические связки. Документы, содержащие magic и value:

```
=> SELECT id, subject FROM mail_messages
WHERE to_tsvector(subject) @@ to_tsquery('magic & value')
ORDER BY id LIMIT 5;
```

id	subject
1778396	Macros for time magic values
1778397	Re: Macros for time magic values
1778398	Re: Macros for time magic values
1778400	Re: Macros for time magic values
1778439	Re: Macros for time magic values

(5 rows)

Документы, содержащие magic и value, но не time:

```
=> SELECT id, subject FROM mail_messages
WHERE to_tsvector(subject) @@ to_tsquery('magic & value & !time')
ORDER BY id LIMIT 5;
```

id	subject
1868223	patch: change magic constants to DEFINE value for readability.

(1 row)

Документы, содержащие magic и либо value, либо constant:

```
=> SELECT id, subject FROM mail_messages
WHERE to_tsvector(subject) @@ to_tsquery('magic & (value | constant)')
ORDER BY id LIMIT 5;
```

id	subject
1743238	magic constant -1
1743241	Re: magic constant -1
1743248	Re: magic constant -1
1778396	Macros for time magic values
1778397	Re: Macros for time magic values

(5 rows)

Также доступен фразовый поиск, учитывающий порядок и близость позиций лексем. Например, для фразы «time value»:

```
=> SELECT id, subject FROM mail_messages
WHERE to_tsvector(subject) @@ to_tsquery('time <-> value')
ORDER BY id LIMIT 5;
```

id	subject
1847875	proposal: rounding up time value less than its unit.
1847989	Re: proposal: rounding up time value less than its unit.
1847996	Re: proposal: rounding up time value less than its unit.
1849919	Re: proposal: rounding up time value less than its unit.
1849928	Re: proposal: rounding up time value less than its unit.

(5 rows)

Или та же фраза «time value», но между словами должно быть еще одно любое слово:

```
=> SELECT id, subject FROM mail_messages
WHERE to_tsvector(subject) @@ to_tsquery('time <2> value')
ORDER BY id LIMIT 5;
```

id	subject
1778396	Macros for time magic values
1778397	Re: Macros for time magic values
1778398	Re: Macros for time magic values
1778400	Re: Macros for time magic values
1778439	Re: Macros for time magic values

(5 rows)

Имеется также функция, позволяющая получить поисковый запрос, не указывая логические связки, примерно как в веб-поиске. Например, такой запрос:

```
to_tsquery('(time <-> value) & !magic')
```

эквивалентен следующему:

```
=> SELECT id, subject FROM mail_messages
WHERE to_tsvector(subject) @@ websearch_to_tsquery('"time value" -magic')
ORDER BY id LIMIT 5;
```

id	subject
1847875	proposal: rounding up time value less than its unit.
1847989	Re: proposal: rounding up time value less than its unit.
1847996	Re: proposal: rounding up time value less than its unit.
1849919	Re: proposal: rounding up time value less than its unit.
1849928	Re: proposal: rounding up time value less than its unit.

(5 rows)

Как вывести результат, если поиск идет по большому документу? Запрос выдаст нам весь текст письма:

```
=> SELECT body_plain FROM mail_messages
WHERE to_tsvector(body_plain) @@ to_tsquery('magic')
ORDER BY id LIMIT 1;
```

body_plain
<p>I know that there has been some discussion on this, but thought a more-or-less explicit roadmap to v7.0 might be helpful. Here are some thoughts:</p> <p>1) dump/reload is allowed or required on every formal release (e.g. for v6.1-&gt;v6.2). This will allow incremental improvements to the backend code without having to put in everything at once.</p> <p>2) time travel code can be removed during the v6.x releases. It has been unsupported and de-emphasized (not the word I'm thinking of, but can't recall what de-x word I want) since v6.0.</p> <p>3) the most visible improvements and changes from a user's point of view are in capabilities and user interfaces.</p> <p>How about targeting an accumulation of capabilities for a v7.0 release? The accumulated changes might consist of Purifying the code, Vadim's backend optimizations (fsync improvements, index improvements and time-travel-removal?), SQL enhancements including subselects, unions, and rules, and ?? Assuming that we will continue to get incremental improvements in data types, parsing, etc, I think that subselects must be high on the list of desirable features which may not magically appear without a concerted effort.</p> <p>I would guess that the SQL enhancements will take the most time and would show up later in the v6.x releases than some of the other items...</p> <p>Some statement like this on the Web page or attached to the ToDo list might be helpful.</p> <p>Comments?</p> <p>- Tom</p>

(1 row)

Но можно воспользоваться функцией для форматирования результата, чтобы показать то место в документе, где обнаружено соответствие:

```
=> SELECT id, translate(
  ts_headline(body_plain,
    to_tsquery('magic'),
    'StartSel=*,StopSel=*,MinWords=8,MaxWords=10'),
  E'\n',
  ', ')
FROM mail_messages
WHERE to_tsvector(body_plain) @@ to_tsquery('magic')
ORDER BY id LIMIT 5;
```

id	translate
1562872	*magically* appear without a concerted effort. I would
1562878	*magically* appear > without a concerted effort. > > I would
1563678	*magic* which I should not worry about? There
1563681	*magic* which I should not worry about? There
1563878	*magic* which I should not worry about? There

(5 rows)



документ → анализатор → фрагмент+тип, фрагмент+тип, ...

Выделяет в тексте документа фрагменты  
и назначает фрагментам типы

Штатный анализатор default

23 типа фрагментов (слова, числа, адреса, теги XML и т. п.)

Другие анализаторы

расширения

набор функций на языке C

Рассмотрим, как происходит превращение исходного документа в tsvector, а запроса в tsquery.

Вначале документ пропускается через анализатор (parser), который выделяет в нем *фрагменты* (tokens). Более того, каждому фрагменту анализатор сопоставляет *тип*, который используется для дальнейшей обработки. Например, стандартный анализатор (единственный встроенный в PostgreSQL) выделяет 23 типа фрагментов: слова, числа, адреса url и email, XML-теги и другие. За счет этого он довольно универсален.

Чтобы использовать другой анализатор, его нужно написать на языке C, скомпилировать и подключить. Существуют расширения, которые устанавливают уже готовые анализаторы. Например, [https://github.com/postgrespro/pg\\_tsparser](https://github.com/postgrespro/pg_tsparser) — анализатор, построенный на базе стандартного, но он не считает подчеркивание и минус символами-разделителями слов (что полезно для индексации программного кода).

<https://postgrespro.ru/docs/postgresql/16/textsearch-parsers>

## Анализатор

Единственный установленный анализатор называется default:

```
=> \dFp
```

```
      List of text search parsers
 Schema | Name | Description
-----+-----+-----
 pg_catalog | default | default word parser
(1 row)
```

Посмотрим, как он разбивает текст на фрагменты — с помощью служебной функции:

```
=> SELECT *
FROM ts_parse('default', 'The bells from the chapel went jingle-jangle');

 tokid | token
-----+-----
      1 | The
     12 |
      1 | bells
     12 |
      1 | from
     12 |
      1 | the
     12 |
      1 | chapel
     12 |
      1 | went
     12 |
     16 | jingle-jangle
     11 | jingle
     12 | -
     11 | jangle
(16 rows)
```

На этом этапе слова остаются без изменений. Обратите внимание, что из одного слова может получиться несколько «пересекающихся» фрагментов.

Типы фрагментов, выделяемые анализатором, можно посмотреть так:

```
=> \dFp+
```

Text search parser "pg_catalog.default"		
Method	Function	Description
Start parse	prsd_start	(internal)
Get next token	prsd_nexttoken	(internal)
End parse	prsd_end	(internal)
Get headline	prsd_headline	(internal)
Get token types	prsd_lextype	(internal)

Token types for parser "pg_catalog.default"	
Token name	Description
asciihword	Hyphenated word, all ASCII
asciword	Word, all ASCII
blank	Space symbols
email	Email address
entity	XML entity
file	File or path name
float	Decimal notation
host	Host
hword	Hyphenated word, all letters
hword_asciipart	Hyphenated word part, all ASCII
hword_numpart	Hyphenated word part, letters and digits
hword_part	Hyphenated word part, all letters
int	Signed integer
numhword	Hyphenated word, letters and digits
numword	Word, letters and digits
protocol	Protocol head
sfloat	Scientific notation
tag	XML tag
uint	Unsigned integer
url	URL
url_path	URL path
version	Version number
word	Word, all letters

(23 rows)

фрагмент → **словарь** → лексема, лексема, ...

## Словарь превращает фрагмент в лексему

убрать стоп-слова  
привести буквы к одному регистру  
привести словоформы к общему виду  
привести синонимы к одному варианту  
и т. п.

## Штатные словари

simple — нижний регистр и стоп-слова  
стемминг для 28 языков

9

Полученный от анализатора фрагмент пропускается через *словарь* и превращается в *лексему* (lexeme) или в несколько лексем.

Смысл такого преобразования в том, чтобы «нормализовать» слова, привести их к такому виду, чтобы их было легко найти. Например:

- из текста можно убрать стоп-слова (которые встречаются почти в каждом документе, так что искать их бессмысленно);
- можно привести слова к одному регистру;
- можно отрезать от слов изменяющиеся части (окончания), чтобы находить любые словоформы (стемминг);
- можно свести все синонимы к одному.

В PostgreSQL изначально установлен словарь simple, а также словари стемминга для 28 языков, которые отрезают от слов изменяемые части. Такие словари работают быстро, но не всегда точно, потому что опираются не на словарь, а на алгоритмы.

<https://postgrespro.ru/docs/postgresql/16/textsearch-dictionaries>

Словарь — параметризованный шаблон

набор функций на языке C

Штатные шаблоны

простой словарь

стеммер snowball

словарь ispell

синонимы: приведение синонимов к одному виду

тезаурус: приведение фраз к одному виду

Чтобы добавить новый словарь, нужно воспользоваться *шаблоном* (template), параметризовав его. Шаблон — это, по сути, набор функций на C, реализующих словарь.

В PostgreSQL входят несколько шаблонов:

- простой словарь simple (выполняет преобразование в нижний регистр и проверяет результат по списку стоп-слов);
- словарь snowball (использует специфический стеммер для заданного языка, есть возможность задать свой список стоп-слов);
- словарь ispell (поддерживает морфологические словари, в том числе MySpell и Hunspell, используемые, например, в OpenOffice);
- словарь синонимов, позволяющий определять синонимы для слов;
- «тезаурус», позволяющий заменять синонимами целые фразы.

## Словари

Посмотрим, как работает стемминг. Функция вернет нам заменяющую слово «The» лексему, обратившись к указанному в первом параметре словарю:

```
=> SELECT ts_lexize('english_stem', 'The');
```

```
ts_lexize
-----
{}
(1 row)
```

Это стоп-слово, оно исчезает.

Другой пример:

```
=> SELECT ts_lexize('english_stem', 'Bells');
```

```
ts_lexize
-----
{bell}
(1 row)
```

Слово приведено к нижнему регистру и отброшено окончание «s» — таким образом, мы найдем документ, если будем искать «bell» или «bells».

А превратится ли слово «went» в «go»?

```
=> SELECT ts_lexize('english_stem', 'went');
```

```
ts_lexize
-----
{went}
(1 row)
```

Нет — стемминг не справится с формами слова, для этого нужен полноценный морфологический словарь.

Представим, что в нашем документе встречаются слова с диакритическими знаками. Обычный стемминг сохранит букву с умляутом, но с точки зрения поиска это может быть нежелательным:

```
=> SELECT ts_lexize('english_stem', 'Röntgen');
```

```
ts_lexize
-----
{röntgen}
(1 row)
```

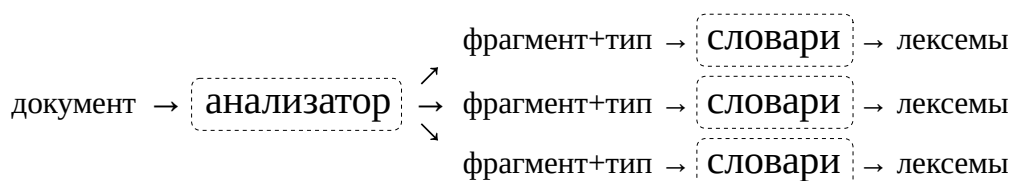
Воспользуемся расширением unaccent, чтобы избавиться от умляута.

```
=> CREATE EXTENSION unaccent;
```

```
CREATE EXTENSION
```

```
=> SELECT ts_lexize('unaccent', 'Röntgen');
```

```
ts_lexize
-----
{Rontgen}
(1 row)
```



## Своя цепочка словарей для каждого типа фрагмента

первый словарь, распознавший фрагмент, возвращает лексему  
фильтрующий словарь передает лексему дальше по цепочке

12

Итак, документ пропускается через анализатор, который выделяет в нем *фрагменты*. Какие именно словари будут использоваться для преобразования фрагмента в лексемы, определяется его *типом*. Таким образом можно по-разному обрабатывать слова, числа и т. п.

Анализатор и цепочки словарей для каждого типа фрагмента настраиваются и называются *конфигурацией* текстового поиска.

Каждый словарь в цепочке решает, что именно делать с фрагментом:

- Фрагмент можно отфильтровать как стоп-слово. На этом обработка фрагмента, очевидно, прекращается.
- Фрагмент можно заменить на лексему и прекратить обработку. Например, словарь `simple` переводит любое слово в нижний регистр и умеет фильтровать стоп-слова.
- Фрагмент можно заменить на лексему, но передать ее дальше, чтобы другие словари также смогли обработать ее (такой словарь называется *фильтрующим*).
- Наконец, словарь может не опознать фрагмент и передать его дальше без изменений. Так, поступает словарь синонимов: если синоним не найден, фрагмент передается дальше по цепочке.

<https://postgrespro.ru/docs/postgresql/16/textsearch-configuration>

## Настройка конфигурации

Для каждого типа фрагментов настраивается цепочка словарей — такая настройка называется конфигурацией.  
Доступные конфигурации:

```
=> \dF

      List of text search configurations
 Schema | Name | Description
-----+-----+-----
 pg_catalog | arabic | configuration for arabic language
 pg_catalog | armenian | configuration for armenian language
 pg_catalog | basque | configuration for basque language
 pg_catalog | catalan | configuration for catalan language
 pg_catalog | danish | configuration for danish language
 pg_catalog | dutch | configuration for dutch language
 pg_catalog | english | configuration for english language
 pg_catalog | finnish | configuration for finnish language
 pg_catalog | french | configuration for french language
 pg_catalog | german | configuration for german language
 pg_catalog | greek | configuration for greek language
 pg_catalog | hindi | configuration for hindi language
 pg_catalog | hungarian | configuration for hungarian language
 pg_catalog | indonesian | configuration for indonesian language
 pg_catalog | irish | configuration for irish language
 pg_catalog | italian | configuration for italian language
 pg_catalog | lithuanian | configuration for lithuanian language
 pg_catalog | nepali | configuration for nepali language
 pg_catalog | norwegian | configuration for norwegian language
 pg_catalog | portuguese | configuration for portuguese language
 pg_catalog | romanian | configuration for romanian language
 pg_catalog | russian | configuration for russian language
 pg_catalog | serbian | configuration for serbian language
 pg_catalog | simple | simple configuration
 pg_catalog | spanish | configuration for spanish language
 pg_catalog | swedish | configuration for swedish language
 pg_catalog | tamil | configuration for tamil language
 pg_catalog | turkish | configuration for turkish language
 pg_catalog | yiddish | configuration for yiddish language
(29 rows)
```

Одна из них выбирается в качестве конфигурации по умолчанию и используется, если явно не указать другую:

```
=> SHOW default_text_search_config;

default_text_search_config
-----
 pg_catalog.english
(1 row)
```

Посмотрим на эту конфигурацию подробнее:

```
=> \dF+ english
```

Text search configuration "pg\_catalog.english"

Parser: "pg\_catalog.default"

Token	Dictionaries
asciihword	english_stem
asciiword	english_stem
email	simple
file	simple
float	simple
host	simple
hword	english_stem
hword_asciipart	english_stem
hword_numpart	simple
hword_part	english_stem
int	simple
numhword	simple
numword	simple
sfloat	simple
uint	simple
url	simple
url_path	simple
version	simple
word	english_stem

Например, для слов (word) используется стемминг английского языка (english\_stem).

Встроим в конфигурацию словарь, который при обработке английских слов устраняет диакритические знаки. Для этого зададим цепочку словарей для лексем типа «слово» (word):

```
=> ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION english
ALTER MAPPING FOR word WITH unaccent, english_stem;
```

ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION

```
=> \dF+ english
```

Text search configuration "pg\_catalog.english"

Parser: "pg\_catalog.default"

Token	Dictionaries
asciihword	english_stem
asciiword	english_stem
email	simple
file	simple
float	simple
host	simple
hword	english_stem
hword_asciipart	english_stem
hword_numpart	simple
hword_part	english_stem
int	simple
numhword	simple
numword	simple
sfloat	simple
uint	simple
url	simple
url_path	simple
version	simple
word	unaccent,english_stem

Unaccent — фильтрующий словарь, поэтому к полученной лексеме далее будет применен стемминг. Проверим:

```
=> SELECT to_tsvector('Wilhelm Röntgen');
```

```
to_tsvector
-----
'rontgen':2 'wilhelm':1
(1 row)
```

Итак, во что же превращается исходный текст при преобразовании в tsvector?

```
=> SELECT to_tsvector('The bells from the chapel went jingle-jangle');
```

```
to_tsvector
-----
'bell':2 'chapel':5 'jangl':9 'jingl':8 'jingle-jangl':7 'went':6
(1 row)
```

Конечный результат — список лексем и их позиций в документе.

Аналогичное преобразование проходит и поисковый запрос:

```
=> SELECT to_tsquery('Jingle & bells');
```

```
      to_tsquery  
-----  
'jinkl' & 'bell'  
(1 row)
```

## GiST

- неточное представление с обязательной перепроверкой по таблице
- эффективность уменьшается при увеличении количества слов
- поддержка INCLUDE
- быстрое обновление (зависит от числа документов)

## GIN

- точное и компактное представление
- эффективность не теряется при увеличении количества слов
- медленное обновление (зависит от числа слов в документах)

## RUM (расширение на основе GIN)

- дополнительная информация в индексе (позиции лексем и др.)
- выдача результатов сразу в порядке релевантности

14

От полнотекстового поиска требуется не только функциональность, но и скорость работы. Для ускорения поиска используются индексы нескольких типов.

Индекс GiST хорош быстрым обновлением (что важно, если документы активно изменяются) и поддерживает функциональность INCLUDE (поможет стать покрывающим для запроса). Однако он не обеспечивает высокой скорости поиска и его эффективность понижается с ростом числа слов.

Индекс GIN — основной выбор для полнотекстового поиска. Он обеспечивает быстрый поиск (производительность не деградирует с увеличением числа слов), хотя и медленно обновляется при изменении документов.

Проблемы этих двух традиционных индексов в том, что они учитывают только лексемы, но отбрасывают их позиции в документе и другую вспомогательную информацию, в том числе веса. Поэтому они хороши для поиска, но в принципе не могут ускорить ранжирование. По той же причине не ускоряется фразовый поиск.

Индекс RUM (доступный как расширение: <https://github.com/postgrespro/rum>) нацелен на устранение этого недостатка: он позволяет выдавать результаты сразу в порядке релевантности и ускоряет поиск фраз.

<https://postgrespro.ru/docs/postgresql/16/textsearch-indexes>

## Производительность текстового поиска

Вернемся к примеру с архивом почтовых рассылок. Как мы видели, поиск может выполняться довольно долго, даже если искать по темам писем:

```
=> \timing on
```

Timing is on.

```
=> SELECT count(*) FROM mail_messages
WHERE to_tsvector(subject) @@ to_tsquery('magic');
```

```
count
-----
    103
(1 row)
```

Time: 2884,713 ms (00:02,885)

```
=> \timing off
```

Timing is off.

Что можно сделать? Во-первых, необходимо избавиться от преобразования документов в tsvector каждый раз, когда требуется что-то найти.

Добавим в таблицу столбец типа tsvector и заполним его. Учтем сразу и тему письма, и текст. У вектора поиска есть ограничение на размер слова, поэтому слишком длинные последовательности символов игнорируются.

Благодаря конструкции GENERATED ALWAYS, значения в столбце будут автоматически вычисляться для новых и измененных строк. Единственное ограничение: выражение должно иметь категорию изменчивости IMMUTABLE. Другой традиционный способ — обновлять значение с помощью триггера.

Создание отдельного столбца для tsvector — наиболее эффективное решение. Единственный минус состоит в том, что требуется дополнительное место для хранения tsvector.

Вместо создания столбца можно было бы сразу построить индекс по соответствующему выражению. В этом случае места нужно меньше, но эффективность поиска может страдать из-за необходимости повторных вычислений tsvector по документу.

```
=> ALTER TABLE mail_messages
ADD search_vector tsvector GENERATED ALWAYS AS (
    to_tsvector('english',subject) || to_tsvector('english',body_plain)
) STORED;
```

```
NOTICE: word is too long to be indexed
DETAIL: Words longer than 2047 characters are ignored.
NOTICE: word is too long to be indexed
DETAIL: Words longer than 2047 characters are ignored.
NOTICE: word is too long to be indexed
DETAIL: Words longer than 2047 characters are ignored.
NOTICE: word is too long to be indexed
DETAIL: Words longer than 2047 characters are ignored.
NOTICE: word is too long to be indexed
DETAIL: Words longer than 2047 characters are ignored.
ALTER TABLE
```

Теперь в запросе можно использовать уже готовое поле, но, конечно, будет по-прежнему просматриваться вся таблица:

```
=> EXPLAIN (costs off)
SELECT count(*) FROM mail_messages
WHERE search_vector @@ to_tsquery('magic');
```

QUERY PLAN

```
-----
Finalize Aggregate
  -> Gather
        Workers Planned: 2
      -> Partial Aggregate
            -> Parallel Seq Scan on mail_messages
                  Filter: (search_vector @@ to_tsquery('magic'::text))
(6 rows)
```

Поэтому следующий шаг к ускорению поиска — индексная поддержка.

Мы создадим индекс типа GIN. Это обычный выбор для полнотекстового поиска: индекс имеет сравнительно небольшой размер и обеспечивает более высокую точность поиска, чем GiST.

```
=> CREATE INDEX ON mail_messages USING gin(search_vector);
```

```
CREATE INDEX
```

```
=> EXPLAIN (costs off)
SELECT count(*) FROM mail_messages
WHERE search_vector @@ to_tsquery('magic');
```

QUERY PLAN

```
-----
Aggregate
-> Bitmap Heap Scan on mail_messages
    Recheck Cond: (search_vector @@ to_tsquery('magic'::text))
-> Bitmap Index Scan on mail_messages_search_vector_idx
    Index Cond: (search_vector @@ to_tsquery('magic'::text))
(5 rows)
```

```
=> \timing on
```

Timing is on.

```
=> SELECT count(*) FROM mail_messages
WHERE search_vector @@ to_tsquery('magic');
```

```
count
-----
3148
(1 row)
```

Time: 1337,992 ms (00:01,338)

```
=> \timing off
```

Timing is off.

Как видно, поиск теперь использует индекс и выполняется гораздо быстрее.

Вряд ли нам нужны все несколько тысяч результатов. Допустим, мы хотим получить десять наиболее релевантных.

```
=> EXPLAIN (costs off)
SELECT id, subject, ts_rank(search_vector, to_tsquery('magic')) rank
FROM mail_messages
WHERE search_vector @@ to_tsquery('magic')
ORDER BY rank DESC LIMIT 10;
```

QUERY PLAN

```
-----
Limit
-> Sort
    Sort Key: (ts_rank(search_vector, to_tsquery('magic'::text))) DESC
-> Bitmap Heap Scan on mail_messages
    Recheck Cond: (search_vector @@ to_tsquery('magic'::text))
-> Bitmap Index Scan on mail_messages_search_vector_idx
    Index Cond: (search_vector @@ to_tsquery('magic'::text))
(7 rows)
```

Сначала находятся все результаты, ранжируются, сортируются, и только потом отбираются 10 лучших. Конечно, это неэффективно.

Такие запросы можно ускорить с помощью RUM-индекса.

```
=> CREATE EXTENSION rum;
```

```
CREATE EXTENSION
```

Индекс типа RUM устроен так же, как GIN, но дополнительно хранит информацию о позициях лексем. Это позволяет вычислять релевантность (степень соответствия документа поисковому запросу) непосредственно при обходе индекса.

```
=> CREATE INDEX ON mail_messages USING rum(search_vector);
```

```
CREATE INDEX
```

Вот как выглядит запрос, использующий упорядочивающий оператор <=>:

```
=> EXPLAIN (costs off)
SELECT id, subject, search_vector <=> to_tsquery('magic') distance
FROM mail_messages
WHERE search_vector @@ to_tsquery('magic')
ORDER BY search_vector <=> to_tsquery('magic')
LIMIT 10;
```

# QUERY PLAN

```

Limit
->  Index Scan using mail_messages_search_vector_idx1 on mail_messages
      Index Cond: (search_vector @@ to_tsquery('magic'::text))
      Order By: (search_vector <=> to_tsquery('magic'::text))
(4 rows)

```

=> \timing on

Timing is on.

```

=> SELECT id, subject, search_vector <=> to_tsquery('magic') distance
FROM mail_messages
WHERE search_vector @@ to_tsquery('magic')
ORDER BY search_vector <=> to_tsquery('magic')
LIMIT 10;

```

id	subject	distance
2304690	Re: [HACKERS] Radix tree for character conversion	10.471326
2303834	Re: [HACKERS] Radix tree for character conversion	10.471326
1847532	Re: WAL replay bugs	10.614068
1847613	Re: WAL replay bugs	10.6830015
1847429	Re: WAL replay bugs	10.6830015
1834012	Re: invalid magic number in log segment	10.769349
1813935	[PATCH 3/5] Split out xlog reading into its own module called xlogreader	10.769349
1767721	Protecting against unexpected zero-pages: proposal	10.769349
1595154	Proposal for fixing IPC key assignment	10.880653
1754494	Problem of Magic Block in Postgres 8.2	10.880653

Time: 13,203 ms

=> \timing off

Timing is off.

Интегрированный полнотекстовый поиск обеспечивает

- актуальность результатов
- транзакционность
- учет языковых особенностей
- фразовый поиск
- ранжирование результатов
- индексную поддержку

Поиск охватывает любую информацию, приводимую к текстовому виду

Возможна тонкая настройка под конкретные нужды



1. Сейчас поиск в книжном магазине работает только по названиям книг.  
Замените его на полнотекстовый поиск по названиям книг, полным именам авторов и аннотациям.  
Проверьте сделанные изменения в приложении.  
Убедитесь, что поиск не зависит от формы слов в запросе.

1. Добавьте в таблицу books столбец типа tsvector, генерируемый по необходимым значениям. Учтите, что значение tsvector должно зависеть от данных из нескольких таблиц.

Посмотрите код функции `public.get_catalog` и подумайте, что нужно сделать, чтобы заменить существующее условие поиска на полнотекстовое.

Для проверки найдите книги по запросам «проблема» и «проблемы».

## 1. Полнотекстовый поиск в приложении

Добавим столбец типа tsvector:

```
=> ALTER TABLE books ADD tsv tsvector;
```

ALTER TABLE

Для поиска нам требуются данные нескольких таблиц, поэтому конструкция GENERATED ALWAYS не годится и придется воспользоваться триггером.

Начнем с функции, создающей необходимое значение tsvector:

```
=> CREATE FUNCTION build_tsv(  
    book_id bigint,  
    title text,  
    abstract text  
)  
RETURNS tsvector  
LANGUAGE sql STABLE  
BEGIN ATOMIC  
    WITH a(names) AS (  
        SELECT string_agg(  
            a.last_name || ' ' ||  
            a.first_name || ' ' ||  
            coalesce(a.middle_name, ''),  
            ' '  
        )  
        FROM authorships ash  
        JOIN authors a ON a.author_id = ash.author_id  
        WHERE ash.book_id = build_tsv.book_id  
    )  
    SELECT to_tsvector(  
        'russian',  
        build_tsv.title || ' '  
        a.names || ' '  
        coalesce(build_tsv.abstract, '')  
    )  
    FROM a;  
END;
```

CREATE FUNCTION

Мы используем конфигурацию поиска для русского языка, чтобы поиск работал без учета окончаний.

Теперь напомним триггерную функцию и триггер для таблицы books:

```
=> CREATE FUNCTION fill_tsv() RETURNS trigger  
AS $$  
BEGIN  
    NEW.tsv := build_tsv(  
        NEW.book_id, NEW.title, NEW.additional->'Аннотация'  
    );  
    RETURN NEW;  
END;  
$$ LANGUAGE plpgsql VOLATILE;
```

CREATE FUNCTION

```
=> CREATE TRIGGER books_tsv  
AFTER INSERT OR UPDATE OF title, additional  
ON books  
FOR EACH ROW  
EXECUTE FUNCTION fill_tsv();
```

CREATE TRIGGER

Но измениться может и имя автора, и состав авторов книги, поэтому также требуются триггеры на таблицы authors и authorships. Причем следует использовать триггеры AFTER, чтобы функция build\_tsv брала из этих таблиц уже измененные данные.

В случае авторов надо найти все затронутые изменением книги и обновить у них tsv:

```

=> CREATE FUNCTION update_authors_tsv() RETURNS trigger
AS $$
BEGIN
    UPDATE books b
    SET tsv = build_tsv(b.book_id, b.title, b.additional->>'Аннотация')

    WHERE b.book_id IN (
        SELECT ash.book_id
        FROM authorships ash
        JOIN books b ON b.book_id = ash.book_id
        WHERE ash.author_id = NEW.author_id
    );
    RETURN NEW;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql VOLATILE;

```

CREATE FUNCTION

```

=> CREATE TRIGGER authors_tsv
AFTER UPDATE OF first_name, last_name, middle_name
ON authors
FOR EACH ROW
EXECUTE FUNCTION update_authors_tsv();

```

CREATE TRIGGER

Здесь мы предполагаем, что первичный ключ никогда не обновляется. Обратите внимание, что для таблицы books мы явно указали поля, на которые срабатывает триггер fill\_tsv, так что триггер не будет срабатывать лишний раз.

И для авторства:

```

=> CREATE FUNCTION update_authorships_tsv() RETURNS trigger
AS $$
BEGIN
    UPDATE books b
    SET tsv = build_tsv(b.book_id, b.title, b.additional->>'Аннотация')
    WHERE b.book_id IN (OLD.book_id, NEW.book_id);
    RETURN NEW;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql VOLATILE;

```

CREATE FUNCTION

```

=> CREATE TRIGGER authorships_tsv
AFTER INSERT OR UPDATE OF book_id, author_id OR DELETE
ON authorships
FOR EACH ROW
EXECUTE FUNCTION update_authorships_tsv();

```

CREATE TRIGGER

Теперь обновим новый столбец у всех книг. Эту операцию, конечно, можно и нужно выполнять пакетно, как рассматривалось ранее, если количество строк велико.

```

=> UPDATE books
SET tsv = build_tsv(book_id, title, additional->>'Аннотация');

```

UPDATE 100

Наконец, заменим функцию search\_cond, которая формирует условие поиска:

```

=> CREATE OR REPLACE FUNCTION public.search_cond(search text) RETURNS text
LANGUAGE sql IMMUTABLE
RETURN CASE
    WHEN coalesce(search, '') = '' THEN
        'true'
    ELSE
        format('b.tsv @@ websearch_to_tsquery(''russian'',%L)', search)
END;

```

CREATE FUNCTION

1. Восстановите базу данных с архивом рассылок из резервной копии.  
Добавьте в таблицу `mail_messages` столбец `search_vector` и заполните его так же, как в демонстрации.
2. Сколько документов содержат одновременно фразы «vacuum full» и «index page»?  
Сравните скорость поиска без индекса и с индексами разных типов (GiST, GIN, RUM), а также размер индексов.
3. Сколько документов содержит слово «vacuuming» именно в такой форме?

2. Создавайте индексы по одному и удаляйте их сразу после эксперимента перед созданием следующего, чтобы в запросе гарантированно использовался нужный индекс.

3. Проще всего ответить на этот вопрос с помощью регулярных выражений. Но, поскольку тема посвящена полнотекстовому поиску, измените конфигурацию поиска, установив для лексем типа «`asciiword`» (к которым относятся слова из латинских букв) словарь «`simple`».

После этого необходимо пересоздать столбец `search_vector`, так как он будет содержать значение, не соответствующее новой конфигурации.

## 1. Подготовка

```
=> CREATE DATABASE ext_fts_overview;

CREATE DATABASE

student$ zcat ~/mail_messages.sql.gz | psql -d ext_fts_overview

SET
SET
SET
SET
SET
  set_config
-----

(1 row)

SET
SET
SET
SET
ALTER TABLE
DROP TABLE
DROP SEQUENCE
CREATE SEQUENCE
SET
SET
CREATE TABLE
COPY 356125
  setval
-----
  2317563
(1 row)

ALTER TABLE

=> \c ext_fts_overview

You are now connected to database "ext_fts_overview" as user "student".

=> ALTER TABLE mail_messages
ADD search_vector tsvector GENERATED ALWAYS AS (
  to_tsvector('english',subject) || to_tsvector('english',body_plain)
) STORED;

NOTICE: word is too long to be indexed
DETAIL: Words longer than 2047 characters are ignored.
NOTICE: word is too long to be indexed
DETAIL: Words longer than 2047 characters are ignored.
NOTICE: word is too long to be indexed
DETAIL: Words longer than 2047 characters are ignored.
NOTICE: word is too long to be indexed
DETAIL: Words longer than 2047 characters are ignored.
NOTICE: word is too long to be indexed
DETAIL: Words longer than 2047 characters are ignored.
NOTICE: word is too long to be indexed
DETAIL: Words longer than 2047 characters are ignored.
ALTER TABLE

=> ANALYZE mail_messages;

ANALYZE
```

## 2. Поиск двух фраз

Запрос без индексов:

```
=> \timing on

Timing is on.

=> SELECT count(*) FROM mail_messages
WHERE search_vector @@ to_tsquery('(vacuum <-> full) & (index <-> page)');
```

```
count
-----
      45
(1 row)
```

Time: 9628,077 ms (00:09,628)

=> \timing off

Timing is off.

Запрос с индексом GIST:

=> CREATE INDEX mm\_gist ON mail\_messages USING gist(search\_vector);

CREATE INDEX

=> SELECT pg\_size\_pretty(pg\_indexes\_size('mail\_messages'));

```
pg_size_pretty
-----
      134 MB
(1 row)
```

=> \timing on

Timing is on.

=> SELECT count(\*) FROM mail\_messages  
WHERE search\_vector @@ to\_tsquery('(vacuum <-> full) & (index <-> page)');

```
count
-----
      45
(1 row)
```

Time: 3016,582 ms (00:03,017)

=> \timing off

Timing is off.

=> DROP INDEX mm\_gist;

DROP INDEX

Запрос с индексом GIN:

=> CREATE INDEX mm\_gin ON mail\_messages USING gin(search\_vector);

CREATE INDEX

=> SELECT pg\_size\_pretty(pg\_indexes\_size('mail\_messages'));

```
pg_size_pretty
-----
      188 MB
(1 row)
```

=> \timing on

Timing is on.

=> SELECT count(\*) FROM mail\_messages  
WHERE search\_vector @@ to\_tsquery('(vacuum <-> full) & (index <-> page)');

```
count
-----
      45
(1 row)
```

Time: 60,947 ms

=> \timing off

Timing is off.

=> DROP INDEX mm\_gin;

DROP INDEX

Запрос с индексом RUM:

```
=> CREATE EXTENSION rum;

CREATE EXTENSION

=> CREATE INDEX mm_rum ON mail_messages USING rum(search_vector);

CREATE INDEX

=> SELECT pg_size_pretty(pg_indexes_size('mail_messages'));

pg_size_pretty
-----
383 MB
(1 row)

=> \timing on

Timing is on.

=> SELECT count(*) FROM mail_messages
WHERE search_vector @@ to_tsquery('(vacuum <=> full) & (index <=> page)');

count
-----
45
(1 row)

Time: 42,635 ms

=> \timing off

Timing is off.

=> DROP INDEX mm_rum;

DROP INDEX
```

### 3. Поиск точной формы слова

```
=> ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION english
ALTER MAPPING FOR asciiword WITH simple;

ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION

Теперь преобразование сохраняет форму слова:

=> SELECT to_tsquery('vacuuming');

 to_tsquery
-----
 'vacuuming'
(1 row)

Пересоздаем столбец.

=> ALTER TABLE mail_messages
DROP search_vector;

ALTER TABLE

=> ALTER TABLE mail_messages
ADD search_vector tsvector GENERATED ALWAYS AS (
    to_tsvector('english',subject) || to_tsvector('english',body_plain)
) STORED;

NOTICE: word is too long to be indexed
DETAIL: Words longer than 2047 characters are ignored.
NOTICE: word is too long to be indexed
DETAIL: Words longer than 2047 characters are ignored.
NOTICE: word is too long to be indexed
DETAIL: Words longer than 2047 characters are ignored.
NOTICE: word is too long to be indexed
DETAIL: Words longer than 2047 characters are ignored.
NOTICE: word is too long to be indexed
DETAIL: Words longer than 2047 characters are ignored.
ALTER TABLE
```

```
=> SELECT count(*) FROM mail_messages  
WHERE search_vector @@ to_tsquery('vacuuming');
```

```
count  
-----  
2245  
(1 row)
```