САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
SAMARA UNIVERSITY

Безопасность систем баз данных

Лекция 10
Мониторинг

Агафонов Антон Александрович
к.т.н., доцент кафедры ГИиИБ

Самара

План лекции

- Мониторинг инфраструктуры
- Мониторинг базы данных
- Возможности мониторинга в PostgreSQL
- Системы мониторинга: Zabbix, Prometheus
- Пример настройки системы мониторинга

Мониторинг

Мониторинг инфраструктуры — это автоматизированная система контроля состояния элементов, включающая получение сведений о рабочих характеристиках системы путем регулярного измерения параметров функционирования различных компонентах инфраструктуры с целью оперативного выявления и устранения сбоев в работе системы.

Зачем нужен мониторинг:

- Исправления и изменения в связи с неисправностями
- Анализ производительности и поведения
- Планирование мощностей
- Отладка и послеаварийный анализ
- Бизнес-анализ
- Причинно-следственные связи

Уровни системы мониторинга

Уровень приложения:

- *Мониторинг бизнес-логики приложения* – проверка факта доступности приложения и оцениваем бизнес-показатели.
- *Мониторинг health-метрик сервисов* – проверка жизнеспособности сервисов и всех ресурсов, требуемых для их стабильной работы.
- *Интеграционный мониторинг* – проверка синхронной и асинхронной коммуникации между критическими для бизнеса системами.

Уровень приложения как продукта:

- *Сбор и наблюдение журналов приложения.*
- *Мониторинг производительности приложения* (Application Performance Monitoring, APM) – мониторинг приложения с целью анализа ошибок в коде и их влияния на производительность. Проверка состояние физического оборудования и виртуальной машины, контейнера и самого приложения, вспомогательной инфраструктуры, кэша.
- *Трассировка* – отслеживание всех вызовов для контроля выполнения в распределенных системах.

Уровни системы мониторинга

Уровень инфраструктуры

- *Мониторинг уровня оркестрации* — проверка, насколько работоспособны контейнеры, кластеры и системы управления.
- *Мониторинг системного ПО* — проверка, насколько хорошо функционирует операционная система и ее компоненты.
- *Мониторинг уровня аппаратного обеспечения* — диагностика аппаратной части: процессора, материнской платы, жестких дисков и оптических накопителей.

Оповещение:

- *Организация единой системы рассылки оповещения* с контролем доставки оповещений.
- *Организация системы дежурств* – необходимо определить зоны ответственности с указанием кто, когда и за что отвечает.
- *Организация «базы знаний» обработки инцидентов* – по каждому серьезному инциденту или ошибке в приложении фиксируются действия, которые решают проблемы.

Мониторинг БД

Мониторинг баз данных — это комплексная задача, которая включает в себя отслеживание показателей производительности баз данных на различных уровнях: SQL (оптимальность запросов), экземпляр БД, инфраструктура, пользователи.

Виды мониторинга:

- Мониторинг доступности БД
- Мониторинг подключенных клиентов и их активности
- Мониторинг работы с данными
- Мониторинг запросов
- Мониторинг фоновых процессов
- Мониторинг системных метрик

Иерархия мониторинга БД

1. Мониторинг доступности баз данных.
2. Мониторинг общих показателей задержек/ошибок и сквозной мониторинг работоспособности.
3. Инструментарий прикладного уровня для измерения задержек/ошибок для каждого вызова базы данных.
4. Сбор показателей, относящихся к уровням системы, хранилища, базы данных и приложений, независимо от того, будут они полезны или нет. Для большинства операционных систем, сервисов и БД это обеспечивается подключаемыми модулями.
5. Специальные проверки для отдельных известных проблем.

Мониторинг хранилища данных

Параметры мониторинга хранилища данных:

- уровень соединения с хранилищем данных:
- контроль процессов внутри базы данных;
- объекты базы данных;
- вызовы/запросы к базе данных.

Мониторинг соединения с хранилищем данных

- Контроль времени, которое требуется для подключения к внутреннему хранилищу данных в рамках транзакции.
- Контроль максимального и фактического количества соединений с БД.
- Загруженность:
  - журнал TCP-соединений,
  - превышение времени ожидания соединения,
  - ожидание потоков в пулах соединений,
  - подкачка страниц памяти,
  - блокировки процессов в базе данных и т.д.
- Ошибки:
  - журналы базы данных;
  - журналы приложений и прокси-серверов;
  - журналы хоста.

Мониторинг процессов внутри базы данных

- Показатели пропускной способности и задержки:
  - операции чтения / записи;
  - фиксация (подтверждение) / откат изменений;
  - использование DDL-операторов.
- Состояние репликации:
  - задержка репликации;
  - прерванная репликация;
  - несогласованность данных.
- Коллизии параллельного доступа и блокировки.

Мониторинг объектов базы данных

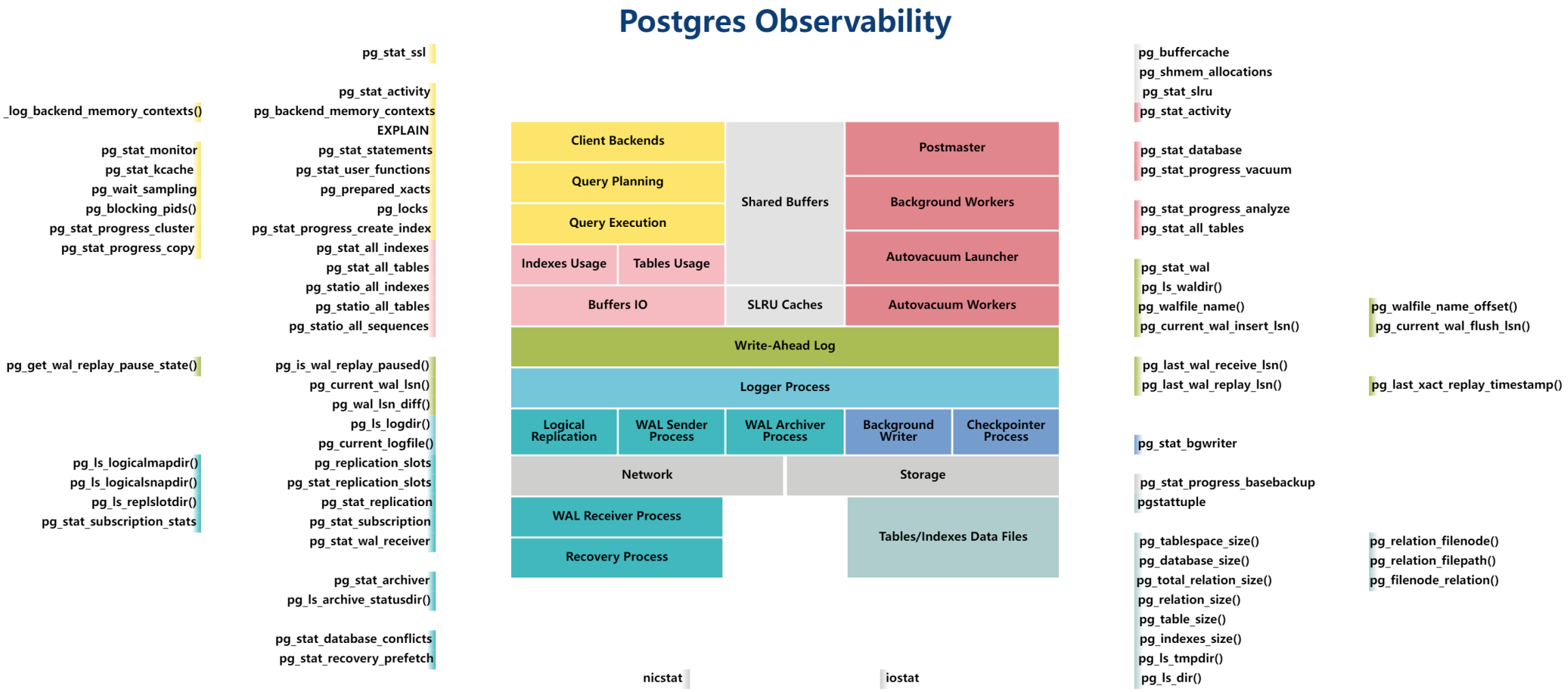
- Мониторинг, сколько памяти занимают каждый объект базы данных и связанные с ним ключи и индексы.
- Контроль характера распределения критически важных данных. Например, знать верхние и нижние границы, средние значения и область значений для элементов данных полезно для понимания производительности операций индексации и поиска.
- Если набор данных сегментирован с использованием диапазонов значений ключа или списков, то понимание того, как происходит распределение между сегментами, поможет обеспечить максимальную производительность для каждого узла. Мониторинг позволит сформулировать рекомендации о необходимости изменения балансировки или пересмотра моделей сегментирования данных.

Мониторинг запросов к базе данных

- Потребление ресурсов процессора и ввода-вывода.
- Количество прочитанных и записанных строк.
- Детализированное время выполнения и время ожидания запроса.
- Счетчик выполненных операций.

Решающее значение для оптимизации имеет понимание способов оптимизации, применяемых индексов и статистики по объединению, сортировке и агрегированию.

PostgreSQL. Система накопительной статистики



https://pgstats.dev/

PostgreSQL. Текущее состояние системы

Спецификация	Описание
pg_stat_activity	Одна строка для каждого серверного процесса с информацией о текущей активности процесса, включая его состояние и текущий запрос.
pg_stat_replication	По одной строке для каждого процесса-передатчика WAL со статистикой по репликации на ведомом сервере, к которому подключён этот процесс.
pg_stat_wal_receiver	Одна строка со статистикой приёмника WAL, полученной с сервера, на котором работает приёмник.
pg_stat_subscription	Одна строка для подписки, сообщающая о рабочих процессах подписки.
pg_stat_gssapi	Одна строка для каждого подключения, в которой показывается информация об использовании аутентификации и шифровании GSSAPI для данного подключения.
pg_stat_progress_analyze	По одной строке с текущим состоянием для каждого обслуживающего процесса, в котором работает ANALYZE.
pg_stat_progress_create_index	По одной строке с текущим состоянием для каждого обслуживающего процесса, в котором выполняется CREATE INDEX или REINDEX.

PostgreSQL. Собранная статистика

Спецификация	Описание
pg_stat_archiver	Одна строка со статистикой работы процесса архивации WAL.
pg_stat_database	Одна строка для каждой базы данных со статистикой на уровне базы.
pg_stat_all_tables	По одной строке на каждую таблицу в текущей базе данных со статистикой по обращениям к этой таблице.
pg_stat_all_indexes	По одной строке для каждого индекса в текущей базе данных со статистикой по обращениям к этому индексу.
pg_statio_all_tables	По одной строке для каждой таблицы в текущей базе данных со статистикой по операциям ввода/вывода с этой таблицей.
pg_statio_all_indexes	По одной строке для каждого индекса в текущей базе данных со статистикой по операциям ввода/вывода для этого индекса.

PostgreSQL. Пример просмотра статистики

Просмотр информации о текущих подключениях

```
SELECT * FROM pg_stat_activity;
```

	datid	datname	usename	application_name	state	query
	5	postgres	postgres	pgAdmin 4 - DB:postgres	idle	…
	16908	pagila	postgres	pgAdmin 4 - DB:pagila	idle	…
	16908	pagila	postgres	pgAdmin 4 - CONN:729358	active	SELECT * FROM pg_stat_activity;

Просмотр статистики использования пользовательских таблиц

```
SELECT * FROM pg_stat_user_tables;
```

	relid	schemaname	relname	seq_scan	n_tup_ins	n_tup_upd	n_tup_upd
	17004	public	country	1	100	0	0
	16935	public	customer	6	599	0	0
	16947	public	actor	34	205	19	0

PostgreSQL. Статистика выполнения операторов SQL

Модуль `pg_stat_statements` предоставляет возможность отслеживать статистику выполнения сервером всех операторов SQL.

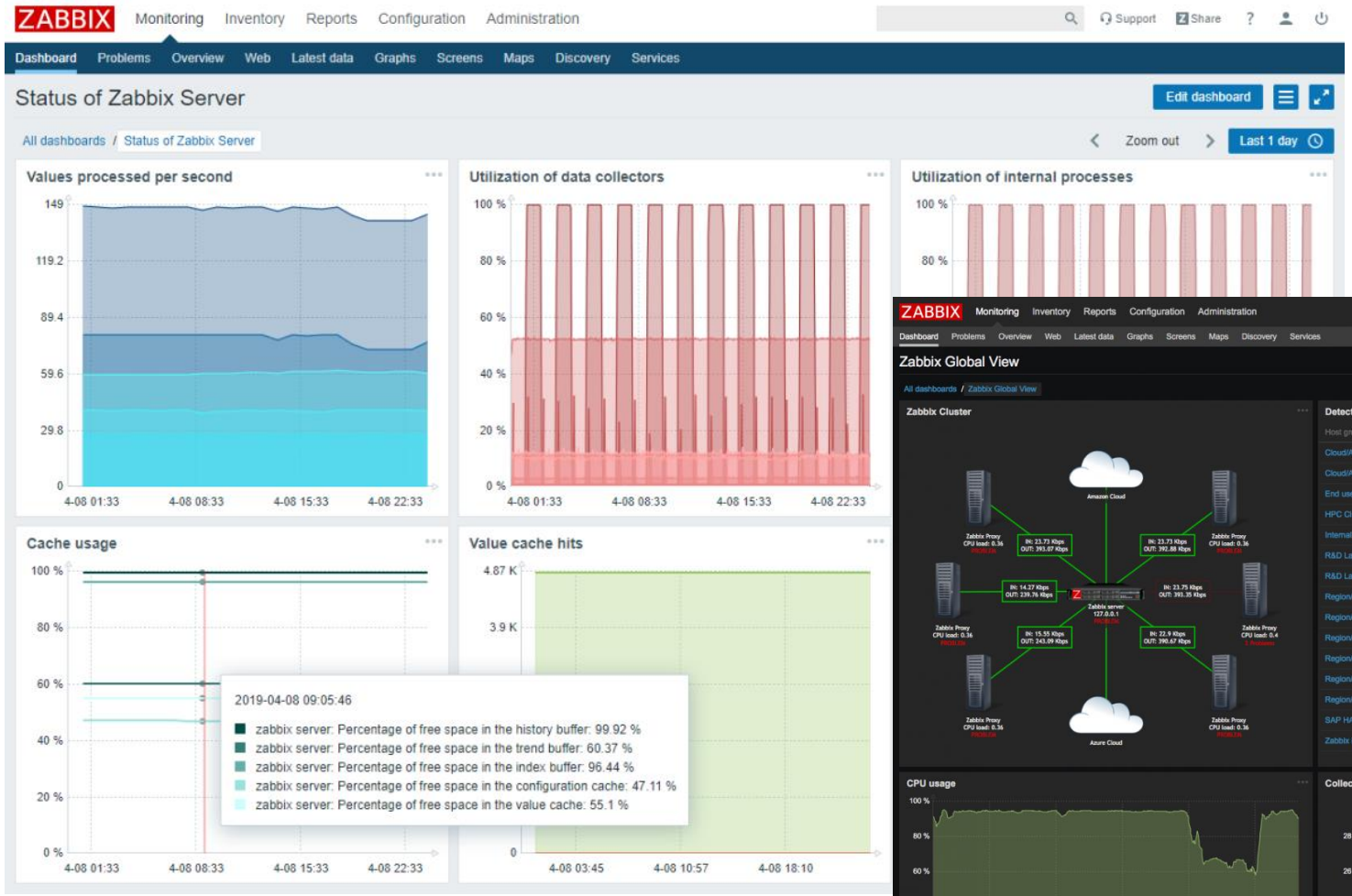
Этот модуль нужно загружать, добавив `pg_stat_statements` в `shared_preload_libraries` в файле postgresql.conf, так как ему требуется дополнительная разделяемая память.

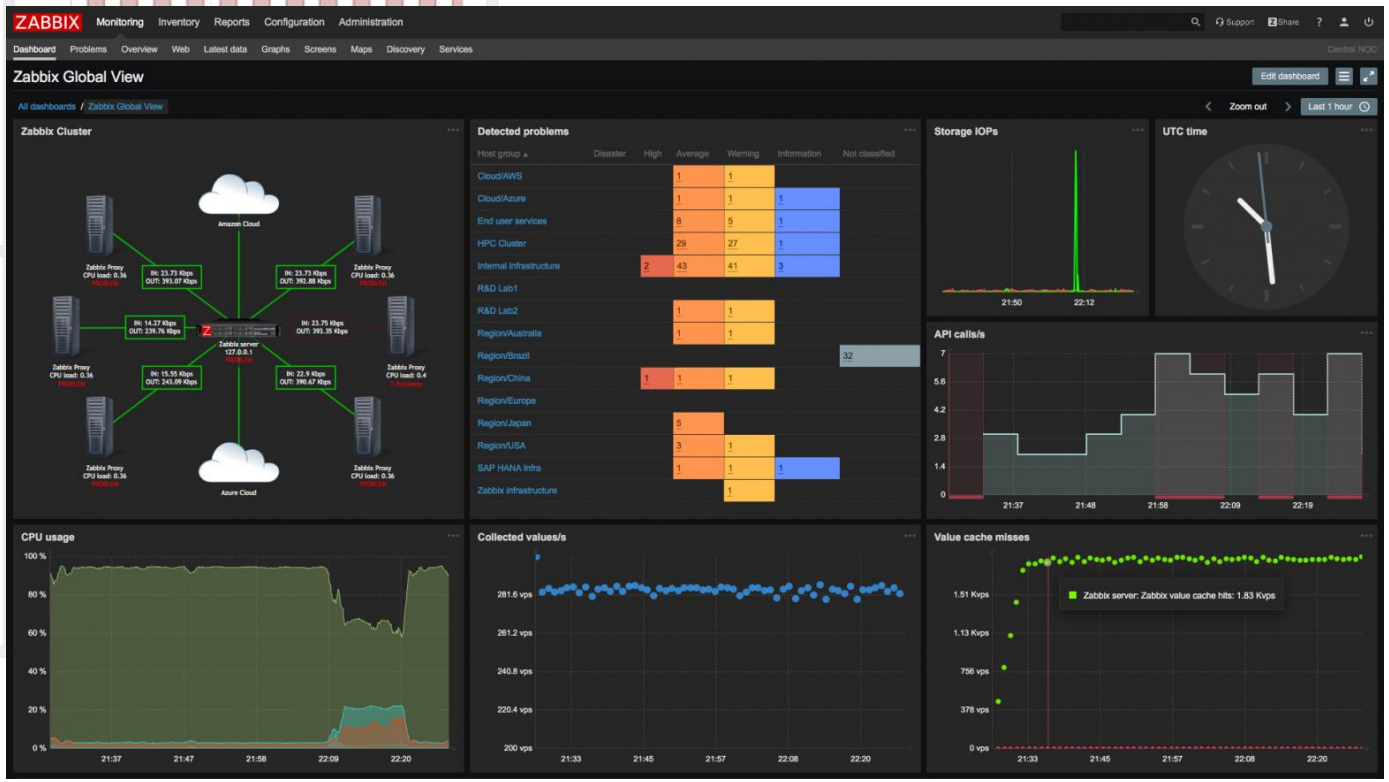
Когда модуль `pg_stat_statements` загружается, он отслеживает статистику по всем базам данных на сервере. Для получения и обработки этой статистики этот модуль предоставляет представление `pg_stat_statements` и вспомогательные функции.

Можно мониторить:

- наиболее часто выполняемые запросы;
- самые долгие запросы;
- самые «тяжелые» запросы в плане использования ресурсов;
- запросы, которые возвращают большое число строк и т.д.

Системы мониторинга. Zabbix





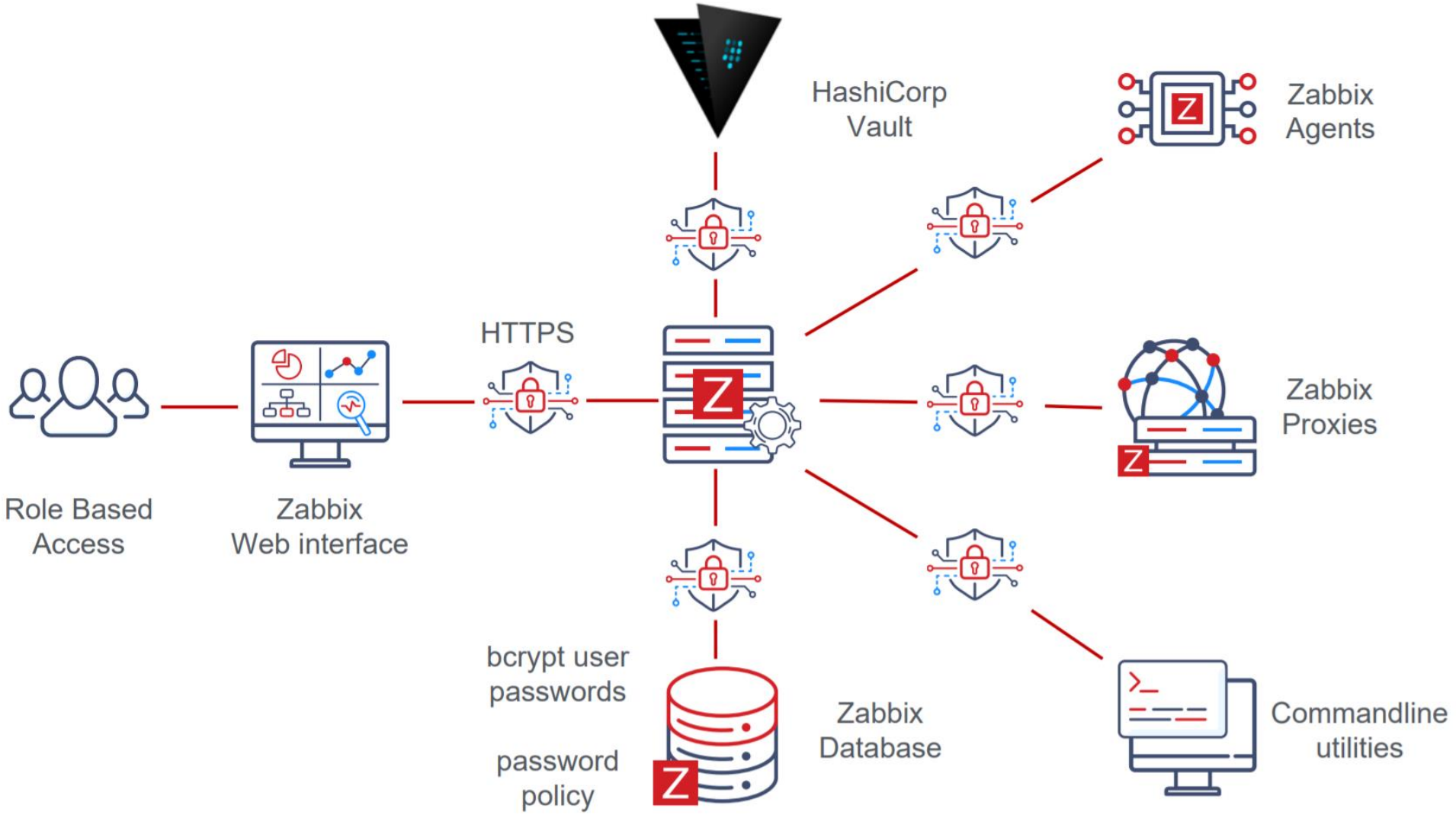
Zabbix. Компоненты системы

Zabbix-сервер — ядро системы, которое дистанционно контролирует сетевые сервисы и является хранилищем, в котором содержатся все конфигурационные, статистические и оперативные данные. Для хранения данных используется MySQL, PostgreSQL, SQLite или Oracle Database.

Zabbix-агент — программа контроля локальных ресурсов и приложений на сетевых системах, эти системы должны работать с запущенным Zabbix-агентом.

Zabbix-прокси собирает данные о производительности и доступности от имени Zabbix-сервера. Все собранные данные заносятся в буфер на локальном уровне и передаются Zabbix-серверу, к которому принадлежит прокси-сервер. Он может быть также использован для распределения нагрузки одного Zabbix-сервера.

Zabbix. Архитектура системы



Хранение данных

Для хранения данных используется внешняя БД MySQL, PostgreSQL, SQLite или Oracle Database.

Запросы

Для работы с БД используется язык SQL.

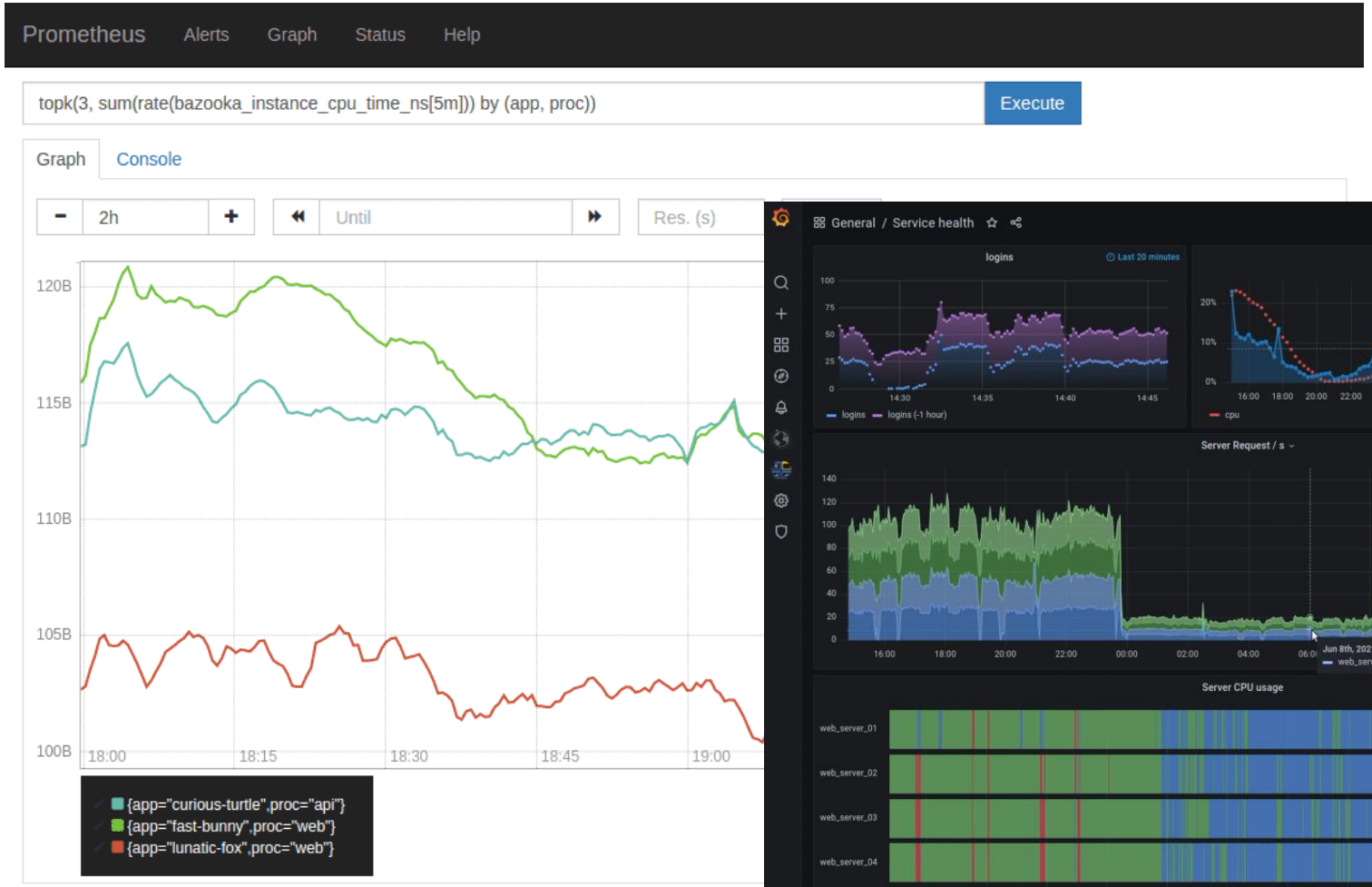
Оповещение

Встроена функция оповещения, что позволяет управлять событиями различными способами: отправка сообщений, выполнение удаленных команд и т.д. Также можно настраивать сообщения в зависимости от роли получателя, выбирая, какую информацию включать, например, дату, время, имя хоста, значение элементов, значения триггеров, профиль хоста и т.д.

Zabbix. Преимущества и недостатки

- ▲ Единая точка доступа для всех пользователей.
- ▲ Доступ к данным и к конфигурации разграничен.
- ▲ Поддерживает все основные платформы (Linux, MacOS, Windows).
- ▲ В качестве базы данных для хранения метрик можно использовать MySQL, PostgreSQL, SQLite или Oracle.
- ▲ Широкие возможности мониторинга.

- ▼ Сложная настройка.
- ▼ Сложно и долго масштабируется.
- ▼ Все данные мониторинга хранятся в базе (нужны дополнительные вычислительные мощности).
- ▼ Мониторинг происходит через агента, который работает постоянно и устанавливается на каждом сервере.


Prometheus
Alerts
Graph
Status
Help
topk(3, sum(rate(bazooka_instance_cpu_time_ns[5m])) by (app, proc))
Execute
Graph
Console
2h
Until
Res. (s)
120B
115B
110B
105B
100B
18:00
18:15
18:30
18:45
19:00
{app="curious-turtle",proc="api"}
{app="fast-bunny",proc="web"}
{app="lunatic-fox",proc="web"}


General / Service health
Last 24 hours
logins
Last 20 minutes
Memory / CPU
Free disk space
73.1 GB
71.8 GB
38.1 GB
81.1 GB
45.7 GB
57.0 GB
Server Request / s
web_server_01
web_server_02
web_server_03
web_server_04
Free disk space
83.9 GB
sda1
-2.2 GB
sda2
102 GB
sda3
76.7 GB
sda5
58.2 GB
sda6
65.0 GB
sda7
Server CPU usage
Flow readings
time
flow1
flow2
flow3
Jun 7th, 2021 14:46:16
Jun 7th, 2021 15:01:16
Jun 7th, 2021 15:16:16
Jun 7th, 2021 15:31:16
Jun 7th, 2021 15:46:16
Jun 7th, 2021 16:01:16
Jun 7th, 2021 16:16:16
Jun 7th, 2021 16:31:16
Jun 7th, 2021 16:46:16
client side full page load

Prometheus. Компоненты системы

Сервер Prometheus (Prometheus Server) – центральный компонент системы мониторинга, чья основная задача — хранить и мониторить определенные объекты. В терминах Prometheus объекты мониторинга называются **целевыми объектами** (Prometheus targets). Через конечную точку HTTP-сервер Prometheus проверяет статус приложения.

Каждый элемент целевого объекта, который необходимо мониторить, называется **метрикой**. Prometheus собирает метрики на основе методов push и pull. В первом методе отслеживаемое приложение отвечает за отправку метрик в систему мониторинга с помощью **Push шлюза** (Pushgateway).

В методе pull приложение подготавливает метрики, а сервер Prometheus считывает целевые объекты с интервалом, который определяет сбор метрик, и сохраняет их в **базе данных временных рядов** (Time-Series database, TSDB). Целевые объекты и временной интервал считывания метрик задаются в конфигурационном файле `prometheus.yml`.

Prometheus. Компоненты системы

Компонент управления оповещениями **AlertManager** служит для запуска оповещений через Email, Slack или другие клиентские уведомления.

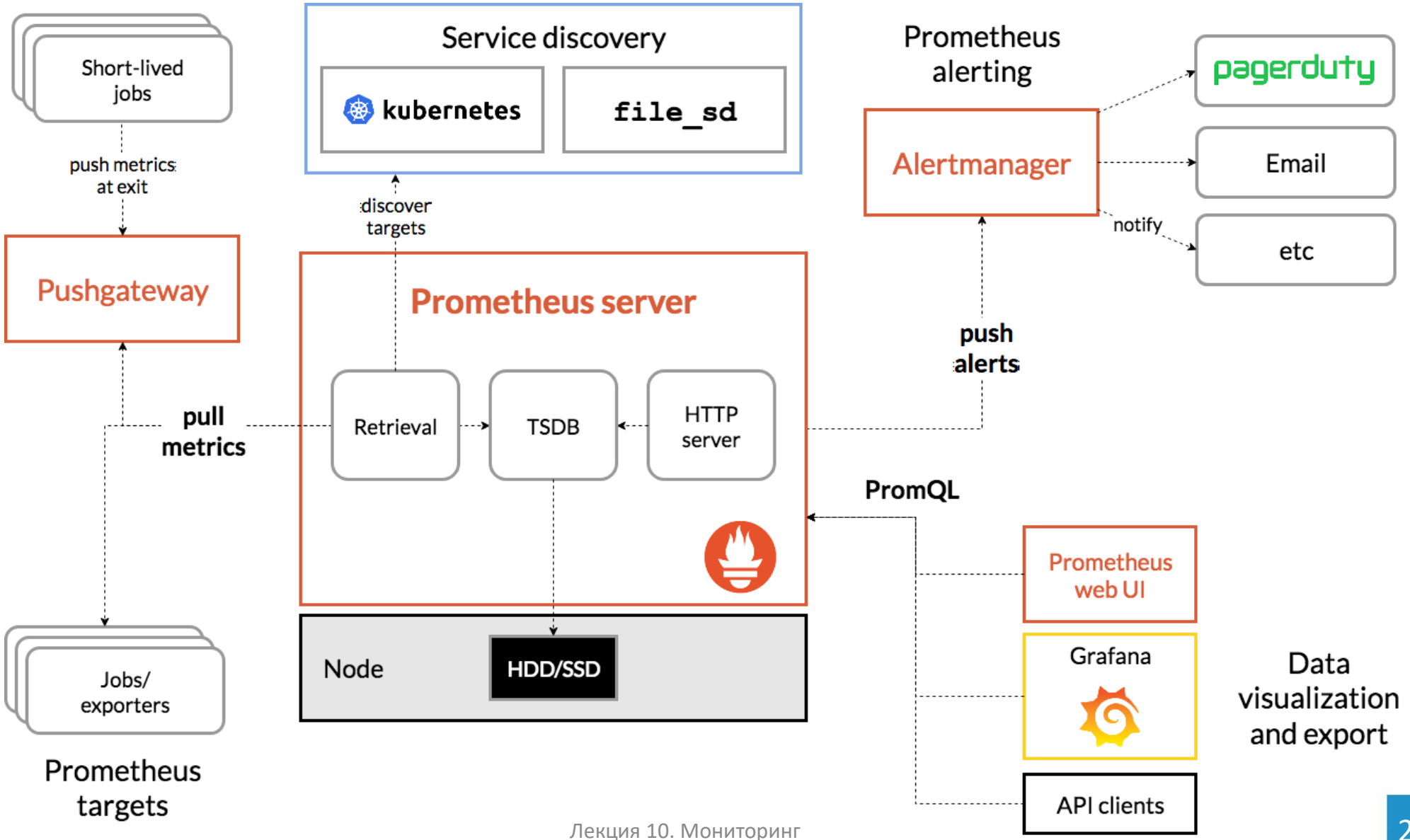
Для визуализации данных можно использовать как пользовательский **веб-интерфейс Prometheus** (web UI), так и сторонние клиенты (наиболее популярный – **Grafana**).

Для мониторинга сторонних систем (таких как сервер Linux, сервер MySQL и т.д.) можно использовать **экспортеры**. Экспортер — часть программного обеспечения, которое получает существующие метрики от сторонней системы и экспортирует их в формат, понятный серверу Prometheus.

Примеры экспортеров:

- `node_exporter` – выдача метрик файловой системы.
- `postgres_exporter` – выдача метрик базы данных PostgreSQL.
- `mongodb_exporter` – выдача метрик базы данных MongoDB.

Prometheus. Архитектура системы



Prometheus. Возможности

Хранение данных

Prometheus хранит данные в виде БД временных рядов (time-series database, TSDB). Prometheus не подходит для хранения текста, логов или журналов событий.

Запросы

Prometheus предоставляет собственный язык для запросов PromQL. Язык запросов может применять функции и операторы к запросам метрик, фильтровать, группировать по меткам и использовать регулярные выражения для улучшения сопоставления и фильтрации. Результат выражения можно отобразить в виде графика, просмотреть в виде табличных данных в браузере или использовать во внешних системах через HTTP API.

Оповещение

В Prometheus необходимо установить Alertmanager. Правила оповещения пересылают оповещения менеджеру. Alertmanager заботится о дедупликации оповещений, группировке и отправке получателям. Уведомления можно отправлять по электронной почте, через системы уведомлений по телефону и через чаты.

Prometheus. Преимущества и недостатки

- ▲ Хорошо подходит для динамических систем, например, Kubernetes. Позволяет автоматически находить необходимые целевые объекты для мониторинга.
- ▲ Формат данных Prometheus поддерживает большое количество приложений. Они сразу выдают все метрики для Prometheus, остается только указать их адреса в настройках.
- ▲ Свой язык запросов (PromQL, Prometheus query language), с помощью которого можно удобно и быстро построить запрос на выборку данных.
- ▲ Отличается высокой производительностью за счет использования TSDB: позволяет собирать данные с тысячи серверов с интервалом в десять секунд.
- ▲ Предусмотрена возможность масштабирования.
- ▲ Простота настройки.

- ▼ В первую очередь рассчитан на краткосрочное хранение метрик (14 дней).
- ▼ Хранит только значения временных рядов и не подходит для хранения текста, логов, журналов событий.
- ▼ Отсутствие аутентификации и авторизации пользователей.
- ▼ Необходимость использования сторонних приложений для визуализации данных.

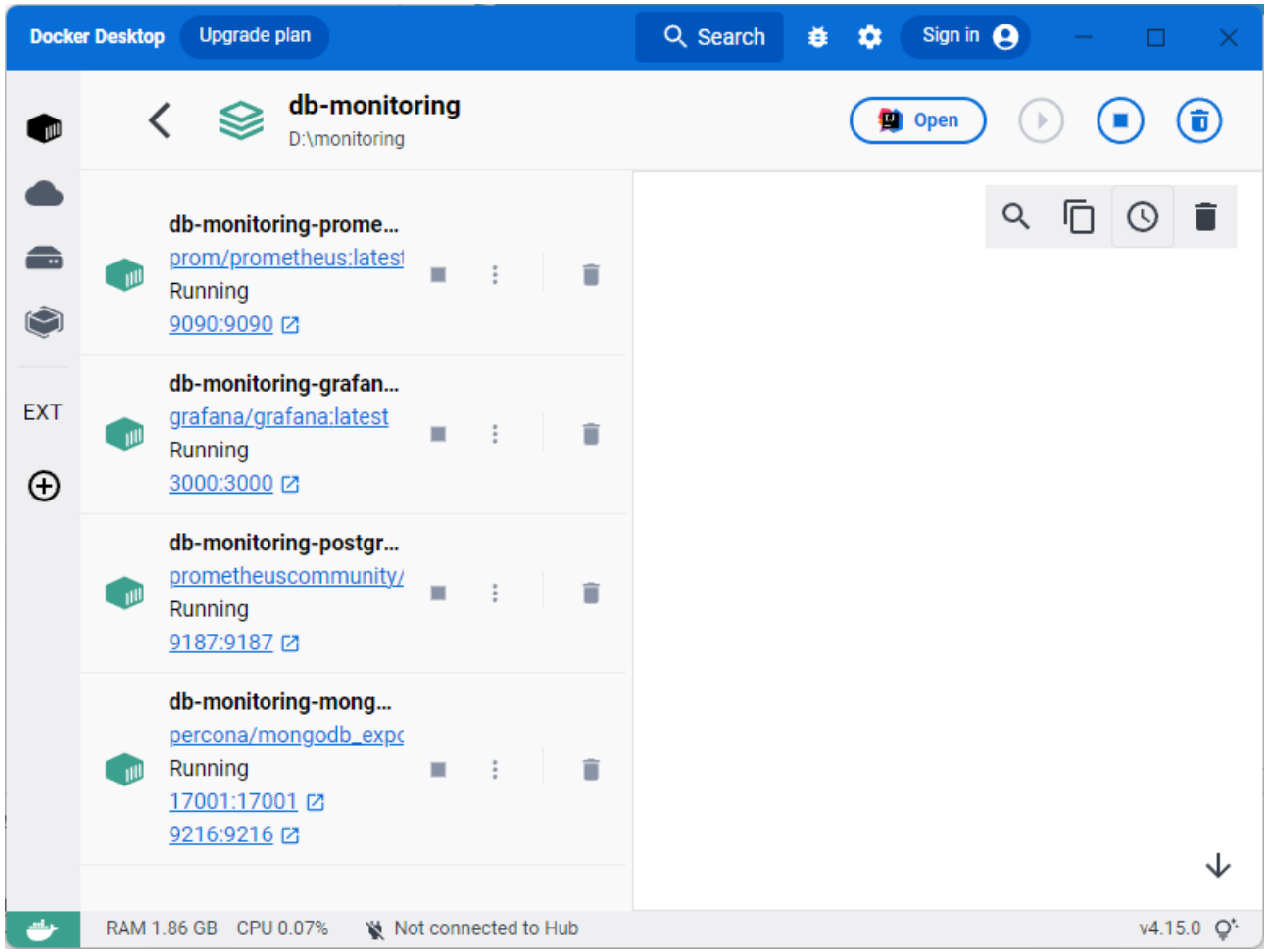
Пример настройки системы мониторинга

Система мониторинга включает в себя

- СУБД PostgreSQL;
- Экспортер метрик в Prometheus из PostgreSQL postgres_exporter;
- СУБД MongoDB с настроенным набор из трех реплик;
- Экспортер метрик в Prometheus из MongoDB mongodb_exporter (v0.30);
- Prometheus;
- Grafana.

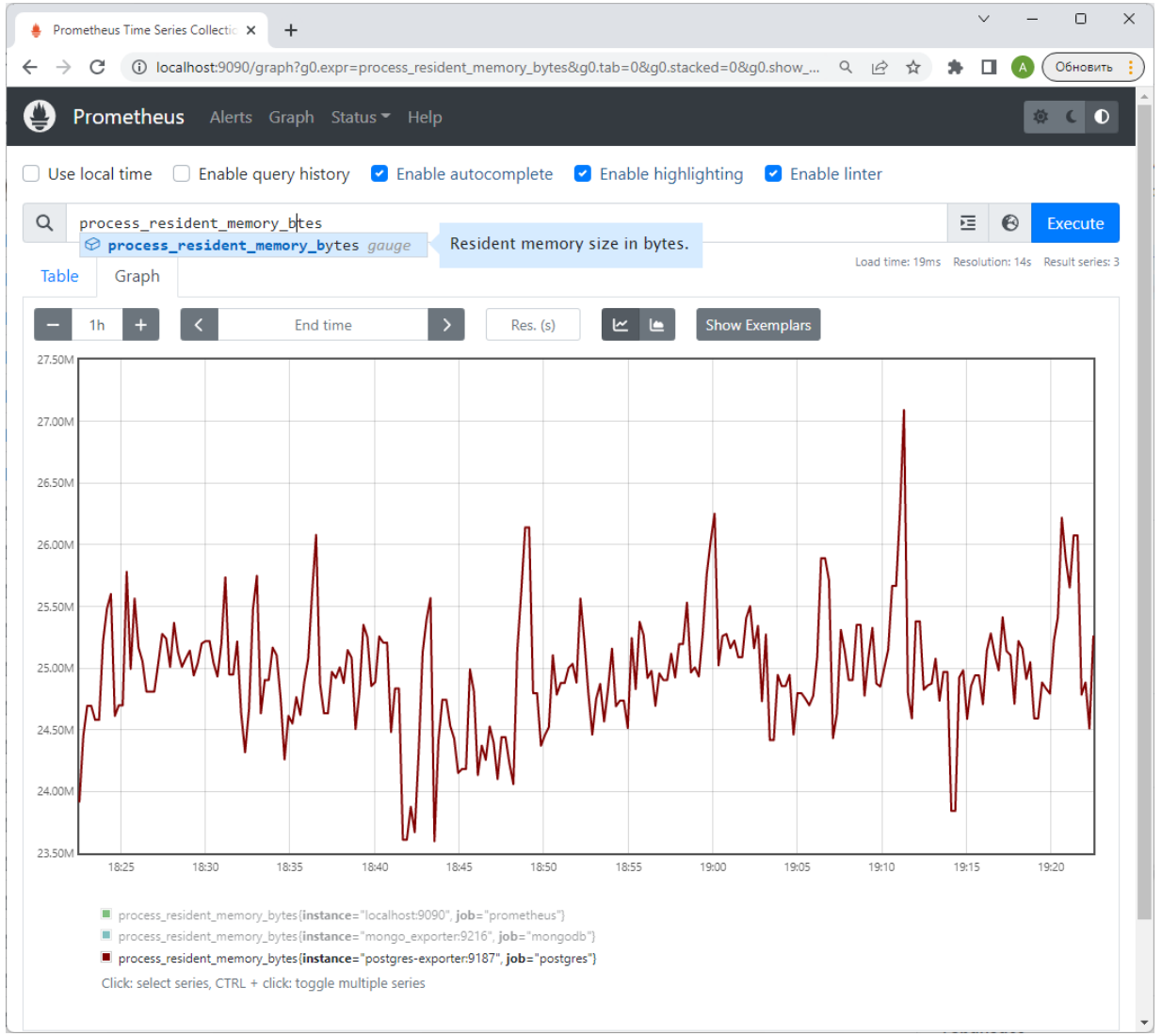
Развертывание компонентов системы. Docker

```
services:
  prometheus:
    image: prom/prometheus
    volumes:
      - ./prometheus/:/etc/prometheus/
    command:
      - '--config.file=/etc/prometheus/prometheus.yml'
    ports:
      - 9090:9090 …
  grafana:
    image: grafana/grafana
    ports:
      - 3000:3000 …
  postgres-exporter:
    image: prometheuscommunity/postgres-exporter
    ports:
      - 9187:9187
    environment:
      DATA_SOURCE_NAME: "CONNECTION_STRING" …
  mongo_exporter:
    image: percona/mongodb_exporter:0.30
    ports:
      - 9216:9216
     command:
      - "--mongodb.uri=mongodb://CONNECTION_STRING" …
```

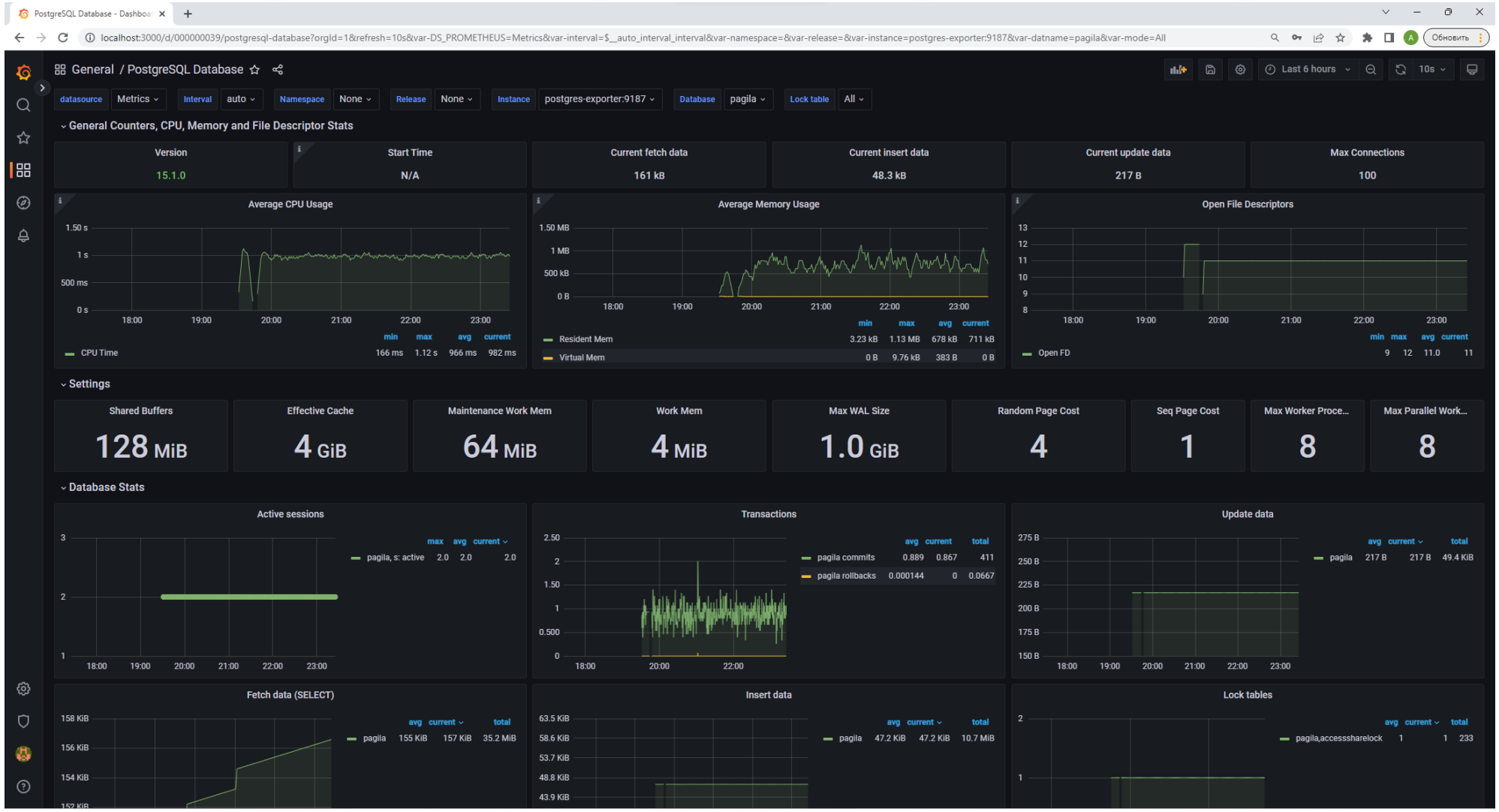


Конфигурационный файл Prometheus

```
global:
  scrape_interval:     15s
  evaluation_interval: 15s
  external_labels:
      monitor: 'db-monitoring'

scrape_configs:
  - job_name: 'prometheus'
    static_configs:
      - targets: ['localhost:9090']

  - job_name: 'postgres'
    static_configs:
      - targets: ['postgres-exporter:9187']

  - job_name: 'mongodb'
    static_configs:
      - targets: ['mongo_exporter:9216']
```

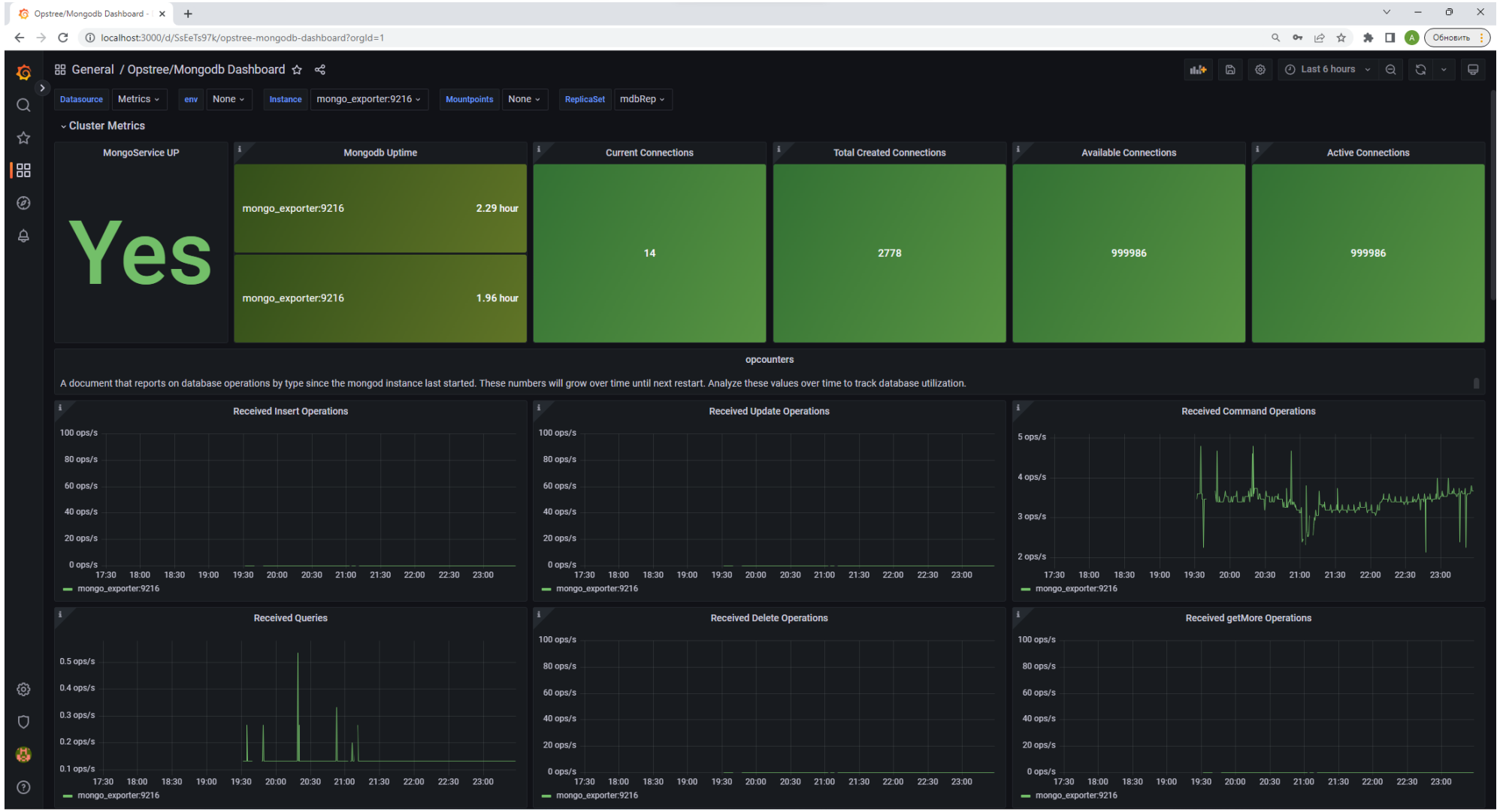


Визуализация данных в Grafana



https://grafana.com/grafana/dashboards/9628-postgresql-database/

Визуализация данных в Grafana



https://grafana.com/grafana/dashboards/16490-opstree-mongodb-dashboard/

САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
SAMARA UNIVERSITY

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ

Агафонов А.А.
к.т.н., доцент кафедры ГИиИБ