ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

программного комплекса «UDR»

Листов 27

2025

Содержание

1 Введение ... 3
2 Архитектура ПК UDR ... 4
3 Описание функционала HLR/HSS/AUC ... 5
3.1 Функционал HLR и поддерживаемые протоколы ... 5
3.2 Функционал HSS и поддерживаемые протоколы ... 7
3.3 Функционал AUC ... 8
4 Статистичекие данные и эксплуатация ... 9
4.1 Возможности подсистемы мониторинга ... 9
4.2 Компоненты подсистемы мониторинга ... 9
4.3 Примеры отчетов подсистемы мониторинга и log-файлы ... 9
4.4 Эксплуатация и процедуры изменения конфигурации ПК UDR ... 12
5 Обеспечение надежности и масштабируемость ... 14
5.1 Отказоустойчивость и масштабируемость Kubernetes кластера ... 14
5.2 Отказоустойчивость и масштабируемость базы данных Redis ... 15
5.3 Описание работы СУБД Redis ... 17
6 Платформа и требования к хостам ... 19
7 Версии компонентов ПК UDR ... 20
8 Показатели производительности ПК UDR ... 22
9 История изменений ... 23
Список сокращений ... 24

Список рисунков

Рисунок 2-1 Высокоуровневая архитектура ПК UDR ... 4
Рисунок 3-1 Поддержка протокола MAP на HLR ... 5
Рисунок 3-2 Схема регистрации в голосовом домене 2G/3G (MAP CS Location Update) ... 6
Рисунок 3-3 Схема регистрации в домене передачи данных 2G/3G (MAP PS Location Update) ... 6
Рисунок 3-4 Схема стека протокола Diameter ... 7
Рисунок 3-5 Схема установления SCTP соединения и обмен сообщениями Diameter ... 8
Рисунок 4-1 Пример графического интерфейса метрик в K8S ... 10
Рисунок 4-2 Пример выгрузки log-файла ... 11

Рисунок 4-3 Пример отображения метрик производительности ПК UDR 11
Рисунок 4-4 Пример отображения метрик производительности ПК UDR 12
Рисунок 5-1 Общая структура Kubernetes (K8S) кластера 14
Рисунок 5-2 Создание копии (Replica) основного (Primary) экземпляра Redis для обеспечения надежности 15
Рисунок 5-3 Объединения нескольких узлов Redis в кластер (Clustered Database) 16
Рисунок 5-4 СУБД Redis – высоконадежная кластерная база данных 16
Рисунок 5-5 Общая схема взаимодействия СУБД Redis с клиентскими приложениями 17

Список таблиц

Таблица 6-1 Требования к хостам 19
Таблица 7-1 Версия RedOS 20
Таблица 7-2 Компоненты Redis и их версии 20
Таблица 7-3 Компоненты мониторинга и их версии 20
Таблица 7-4 Компоненты кластера Kubernetes (K8S) и их версии 20
Таблица 8-1 Показатели производительности ПК UDR (транзакций в секунду) 22
Таблица 9-1 История изменений 23

1 Введение

Документ содержит информацию о структуре программного комплекса (ПК) UDR и его технических характеристиках. ПК UDR обеспечивает хранение всех видов абонентских профилей в единой базе данных с распределённой архитектурой и предназначен для работы в сетях стандартов 2G/3G/4G/5G мобильного оператора в качестве системы управления профилями абонентов.

UDR представляет собой программный комплекс, обеспечивающий хранение всех видов абонентских данных в единой базе данных с распределённой архитектурой, предназначенный для работы в сетях стандартов 2G/3G/4G/5G мобильного оператора в качестве системы управления многопрофильными абонентами.

Функции HLR/HSS обеспечивают интерфейсы в сетях 2G/3G/4G/5G и могут обслуживать данные сети одновременно.

2 Архитектура ПК UDR

Программный комплекс UDR реализован на микросервисной архитектуре и развернут в Kubernetes (K8S) кластере. Структура ПК UDR изображена на Рисунке 2-1 и включает в себя следующие компоненты:

1) HLR - домашний регистр местоположения мобильных абонентов сетей стандартов 2G/3G, обеспечивающий взаимодействие с опорными сетями мобильных операторов по протоколам SCTP/M3UA/SCCP/TCAP/MAP;
2) HSS - сервер абонентских данных сети стандарта 4G, обеспечивающий взаимодействие с опорными сетями мобильных операторов по протоколам SCTP/DIAMETER;
3) AUC - модуль аутентификации абонентов сотовой связи;
4) Database – централизованную базу данных, обеспечивающую хранение профилей абонентов сотовой связи.

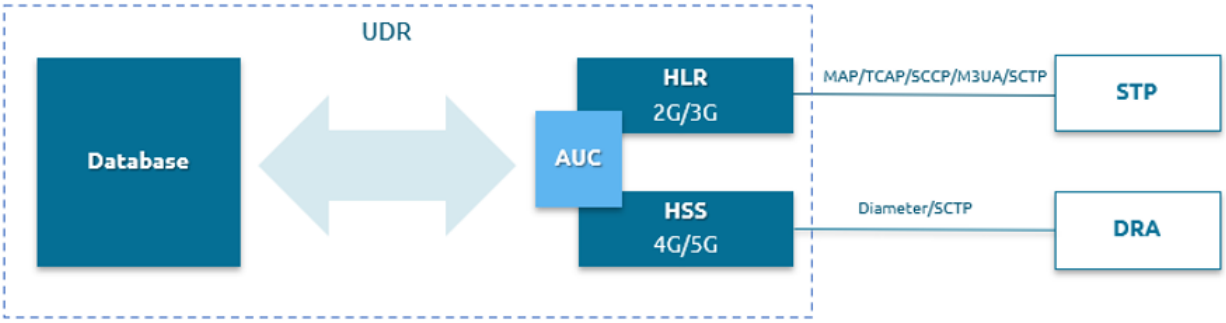

Рисунок 2-1 Высокоуровневая архитектура ПК UDR

База данных представляет собой Систему Управления Базами Данных (СУБД) Redis, которая работает со структурами данных типа ключ — значение. СУБД Redis работает в оперативной памяти, что позволяет максимально быстро выполнять операции с профилями абонентов. СУБД Redis также предоставляет механизмы для сохранения данных на диск, что позволяет обеспечить отказоустойчивость системы и восстановление данных в случае сбоев. СУБД Redis обеспечивает целостность данных хранимых абонентских профилей.

В состав ПК UDR входит СУБД Redis с открытой лицензией (open-source edition), являющаяся разрешенным к использованию составным компонентом программного обеспечения при внесении в реестр Минцифры России.

3 Описание функционала HLR/HSS/AUC

3.1 Функционал HLR и поддерживаемые протоколы

Функционал HLR (Home Location Register), как определено в спецификациях 3GPP, является основной базой данных, содержащей информацию о профилях абонентов и их подписках в сетях 2G/3G. В сочетании с комбинированным функционалом AUC (Authentication Center), HLR является центральной точкой аутентификации и регистрации абонентов, в то же время HLR служит актуальным репозиторием для маршрутизации входящих коротких сообщений (SMS). HLR поддерживает протокол MAP (Mobile Application Part), как показано на Рисунке 3-1.

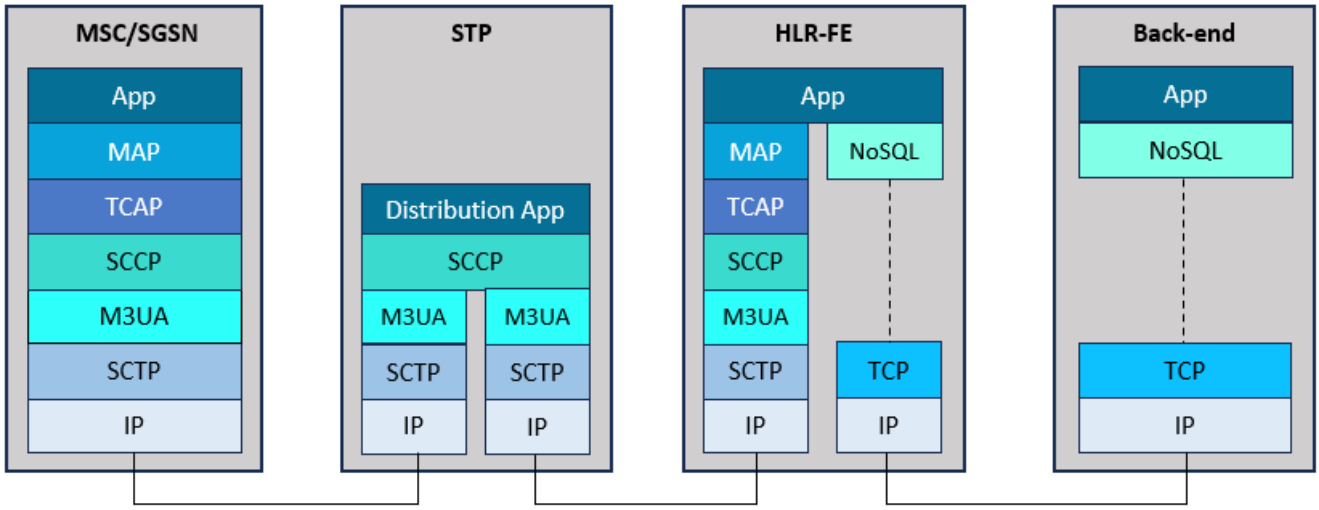

Рисунок 3-1 Поддержка протокола MAP на HLR

HLR поддерживает следующие типы сообщений:

1) **SendAuthenticationInformation -** запрос/ответ на получение информации для аутентификации;
2) **UpdateLocation/ UpdateGPRSLocation -** запрос/ответ на обновление местоположения;
3) **InsertSubscriberData -** запрос/ответ на вставку данных абонента;
4) **CancelLocation -** запрос/ответ на отмену местоположения;
5) **SendRoutingInfo/ ProvideRoamingNumber -** информация о местоположении для маршрутизации входящих вызовов в MSC;
6) **SendRoutingInfoForSM -** информация о местоположении для маршрутизации входящих коротких сообщений SMS в MSC.

Процедура регистрации абонента, поддерживаемая HLR функцией в сетях 2G/3G, представлена на Рисунке 3-2, передача данных в данном сценарии выключена.

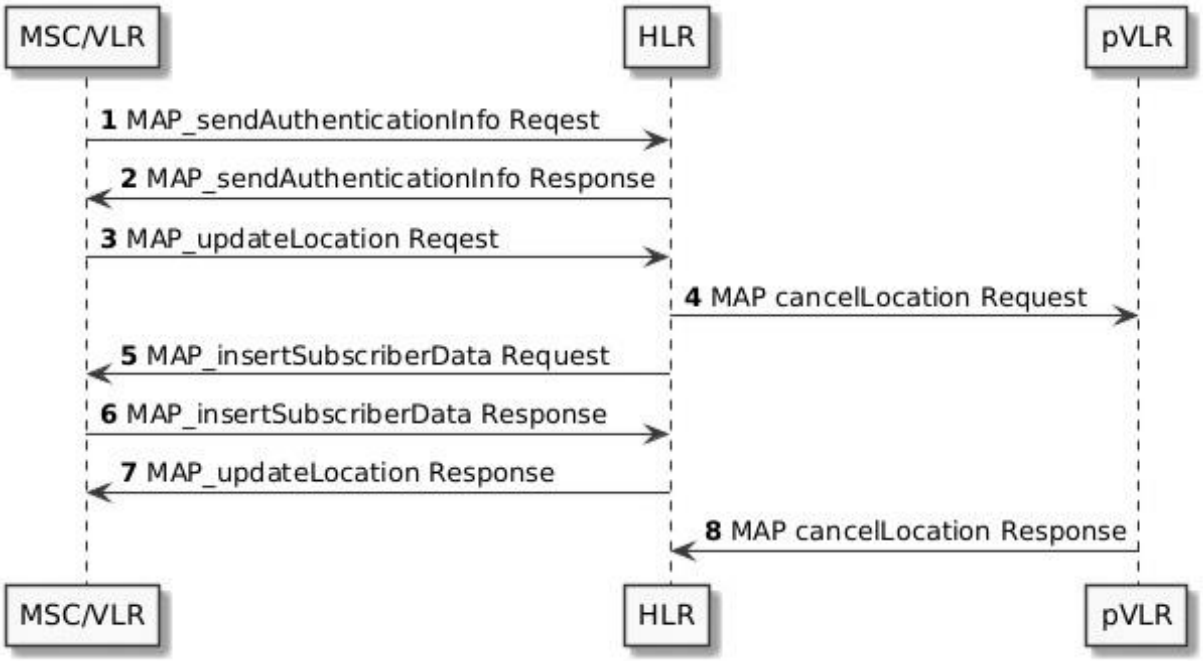

Рисунок 3-2 Схема регистрации в голосовом домене 2G/3G (MAP CS Location Update)

Схема регистрации в домене передачи данных (MAP PS Location Update) показана на Рисунке 3-2.

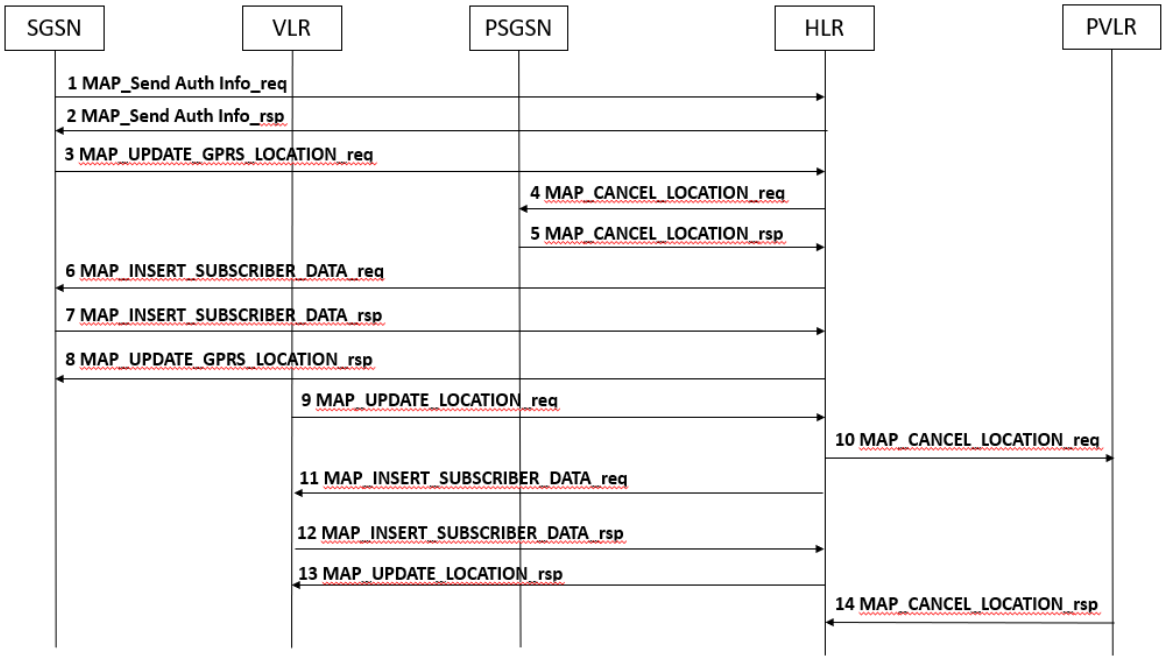

Рисунок 3-3 Схема регистрации в домене передачи данных 2G/3G (MAP PS Location Update)

Процедуры регистрации в голосовом домене (CS) и в домене передачи данных (PS) в сетях 2G/3G поддерживаются в соответствии с рекомендацией 3GPP TS 29.002 (Mobile Application Part specification).

3.2 Функционал HSS и поддерживаемые протоколы

Функционал HSS (Home Subscription Server), как определено в спецификациях 3GPP, является основной базой данных, содержащей информацию о профилях абонентов и их подписках в сетях 4G/5G. HSS взаимодействует с MME (Mobility Management Entity) или с SGSN (Serving GPRS Support Node) с использованием протокола Diameter, как определено в спецификации RFC 3588, через стек TCP или SCTP. Общая схема стека протокола Diameter и его реализация в HSS показана на Рисунке 3-4.

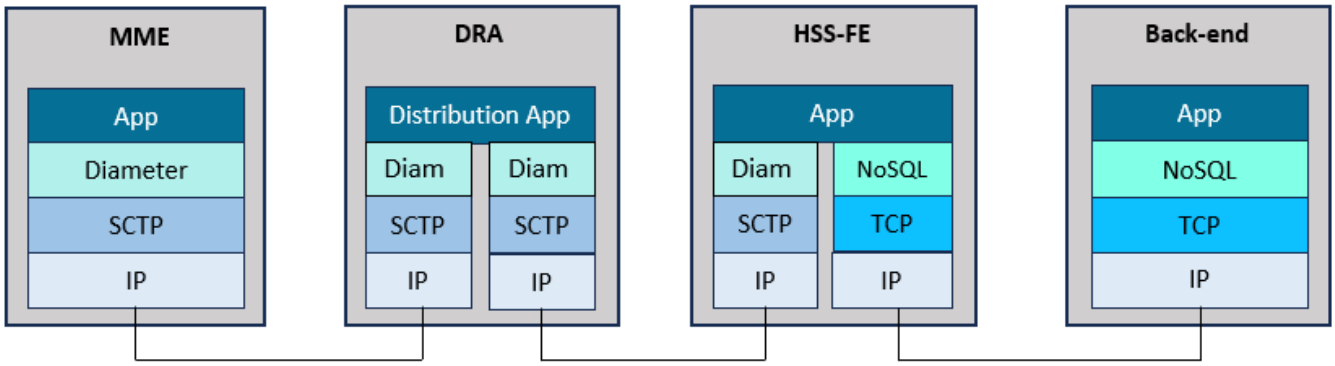

Рисунок 3-4 Схема стека протокола Diameter

HSS поддерживает следующие типы сообщений:

1) **UpdateLocation Request/Answer -** запрос/ответ на обновление местоположения;
2) **CancelLocation Request/Answer -** рапрос/ответ на отмену местоположения;
3) **InsertSubscriberData Request/Answer -** запрос/ответ на вставку данных абонента;
4) **Notify Request/Answer -** запрос/ответ на уведомление;
5) **AuthenticationInformation Request/Answer -** запрос/ответ на получение информации для аутентификации.

Общая схема установления SCTP соединения и обмен сообщениями Diameter показана на Рисунке 3-5.

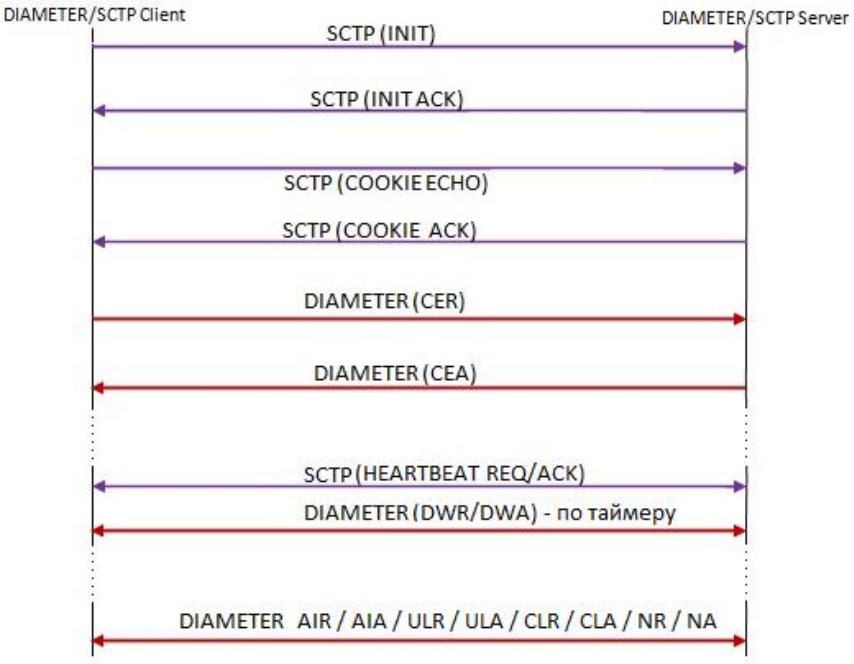

Рисунок 3-5 Схема установления SCTP соединения и обмен сообщениями Diameter

3.3 Функционал AUC

Центр аутентификации AUC (Authentication Center) обеспечивает генерацию векторов аутентификации для сетей 2G/3G/4G/5G на основе данных абонента, хранящихся в централизованной базе данных. В целях безопасности информация об аутентификации абонента хранится в централизованной базе данных Redis в зашифрованом виде и расшифровка производится только непосредственно в AUC в процессе генерации аутентификационных векторов.

Функция AUC поддерживает следующие алгоритмы аутентификации:

1) Comp128-1;
2) Comp128-2;
3) Comp128-3;
4) Milenage-3G.

Также поддерживаются следующие интерфейсы:

1) Транспортные ключи K4 (шифрование) для KI;
2) Интерфейс с внешним AUC в соответствии с приказом №160 от 27.06.2011 с изменениями, утвержденными приказом №275 от 13.06.2018 и приказом №319 от 25.06.2018.

4 Статистичекие данные и эксплуатация

4.1 Возможности подсистемы мониторинга

Программный комплекс UDR имеет в своем составе подсистему мониторинга, которая позволяет собирать метрики о состоянии сервисов и оборудования. Также обеспечивается централизованный сбор и хранение лог-файлов. Подсистема мониторинга позволяет устанавливать пороговые значения метрик и отправлять уведомления при их превышении, например, когда превышен порог нагрузки на CPU. Уведомления могут быть настроены для различных получателей, например, можно настроить отправку уведомлений в Telegram.

4.2 Компоненты подсистемы мониторинга

Подсистема мониторинга уснанавливается на отдельном сервере и включает в себя следующие программные компоненты:

1) Prometheus - основной инструмент для сбора метрик. Он собирает данные о состоянии сервисов и оборудования с помощью экспортёров (например, Node Exporter);
2) Alertmanager - используется для обработки и отправки уведомлений, когда условия тревоги активируются (например, превышен порог нагрузки на CPU);
3) Node Exporter - экспортер метрик, который позволяет собирать данные о нагрузке на сервере (например, нагрузка CPU, использование памяти);
4) Grafana - графический интерфейс для отображения собранных метрик. Позволяет строить дашборды и настраивать визуализации;
5) Loki - система для централизованного хранения и анализа логов. Данная функция обрабатывает лог-файлы и используется для последующей диагностики проблем в приложения;
6) Promtail - агент, собирающий лог-файлы и отвечающий за дальнейшую отправку их в систему централизованного хранения Loki.

4.3 Примеры отчетов подсистемы мониторинга и log-файлы

Логика работы подсистемы мониторинга определяется путем определения манифестов для соответсвующих программных компонентов.

Пример графического интерфейса с метриками K8S показан на Рисунке 4-1:

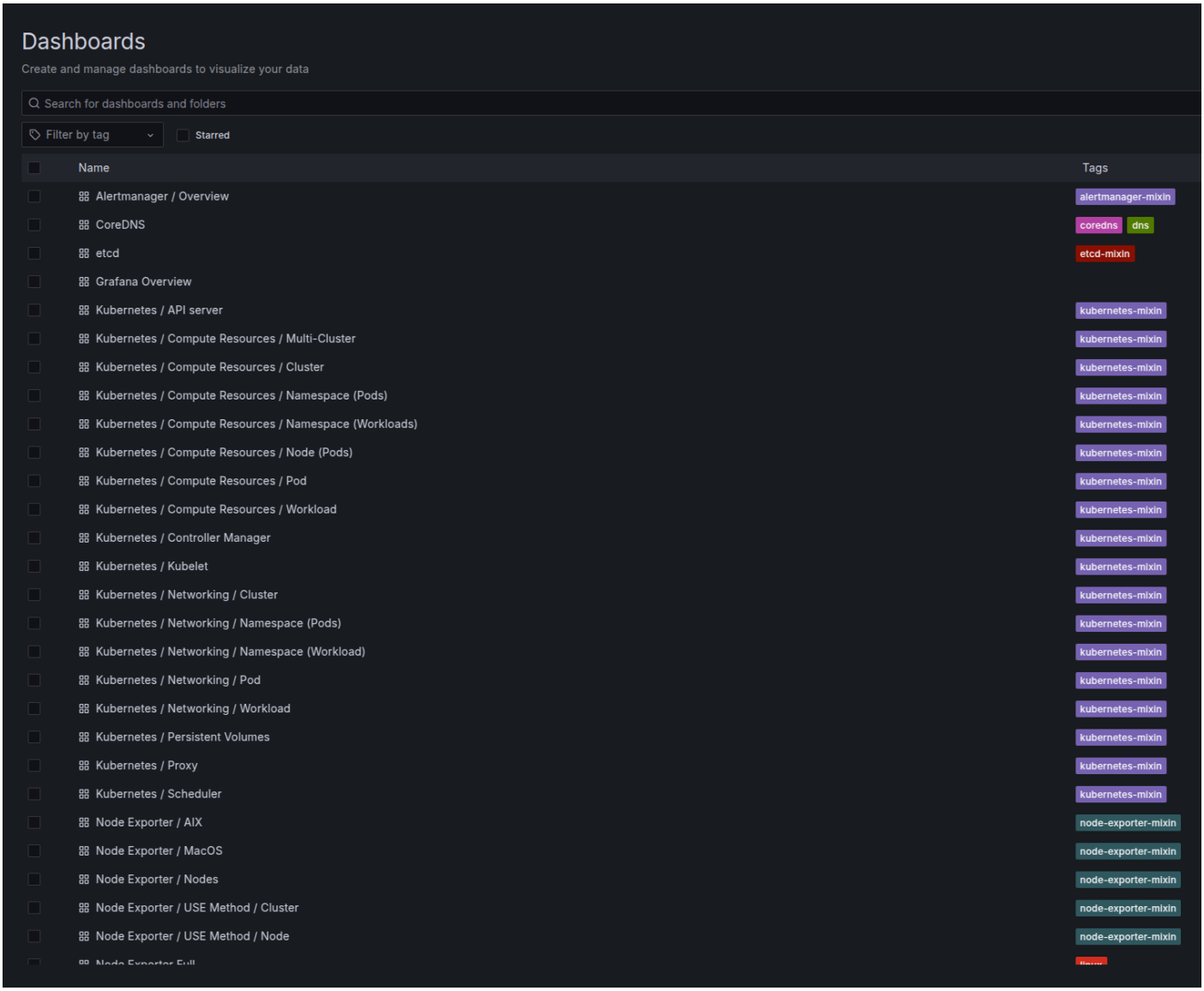

Рисунок 4-1 Пример графического интерфейса метрик в K8S

Выгрузка событий, счетчиков, log-файлов осуществляется через защищенные протоколы SSH, SFTP. Пример выгрузки log-файла показан на Рисунке 4-2.

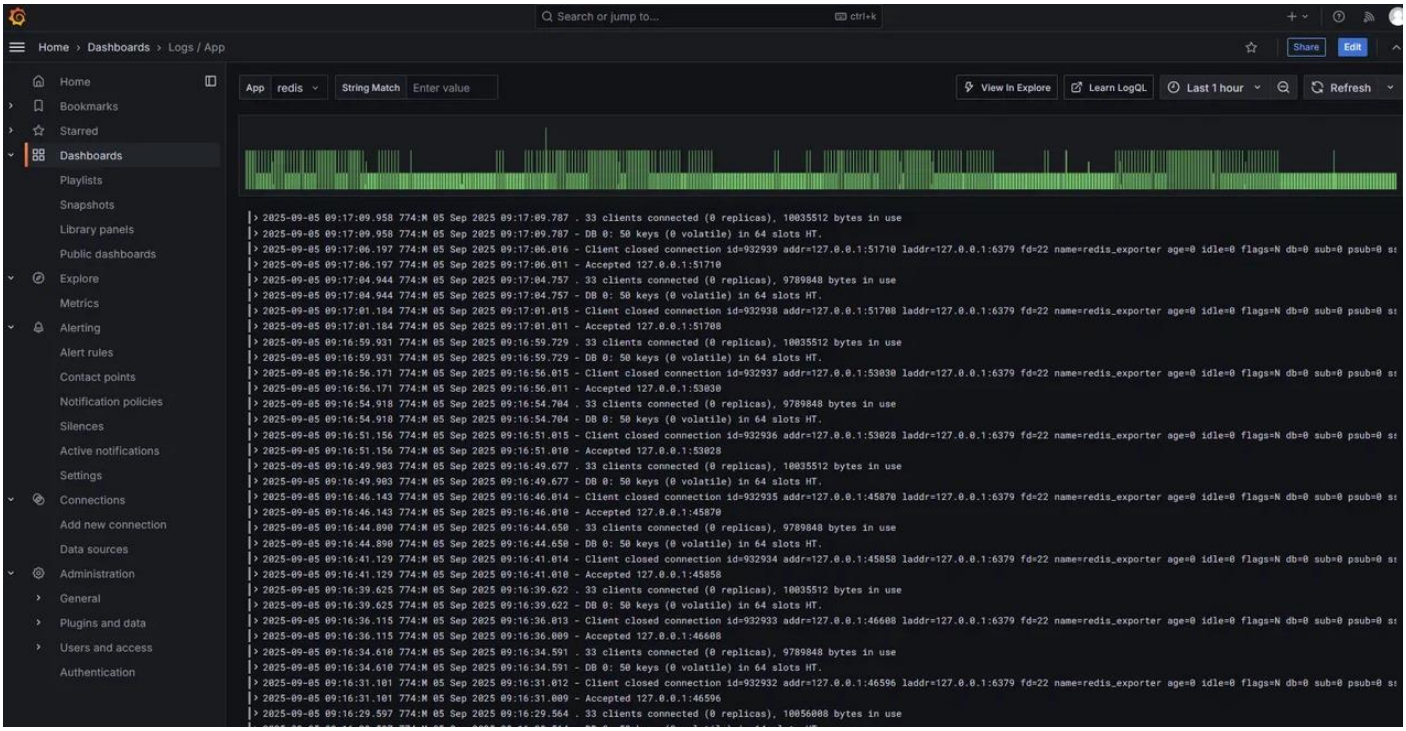

Рисунок 4-2 Пример выгрузки log-файла

Примеры отображения метрик производительности ПК UDR показаны на Рисунке 4-3 и Рисунке 4-4.

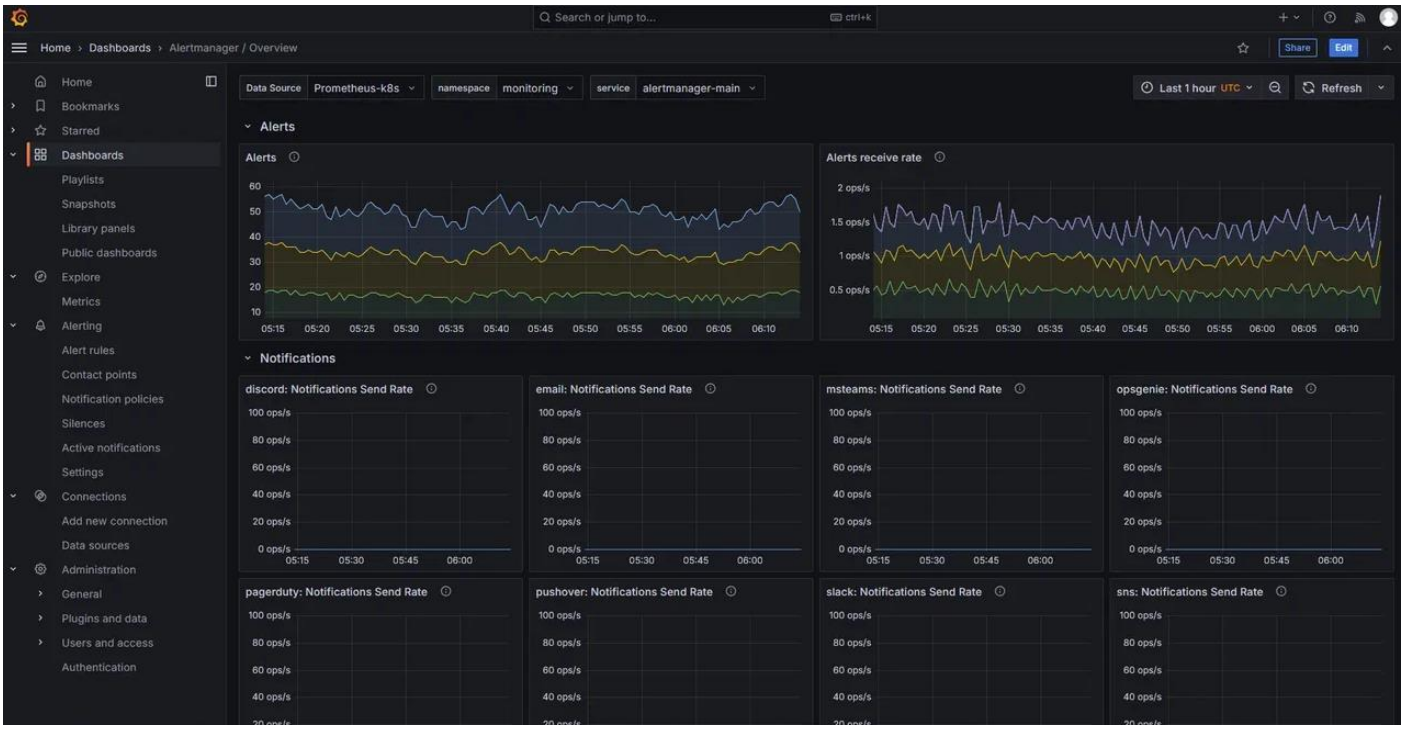

Рисунок 4-3 Пример отображения метрик производительности ПК UDR

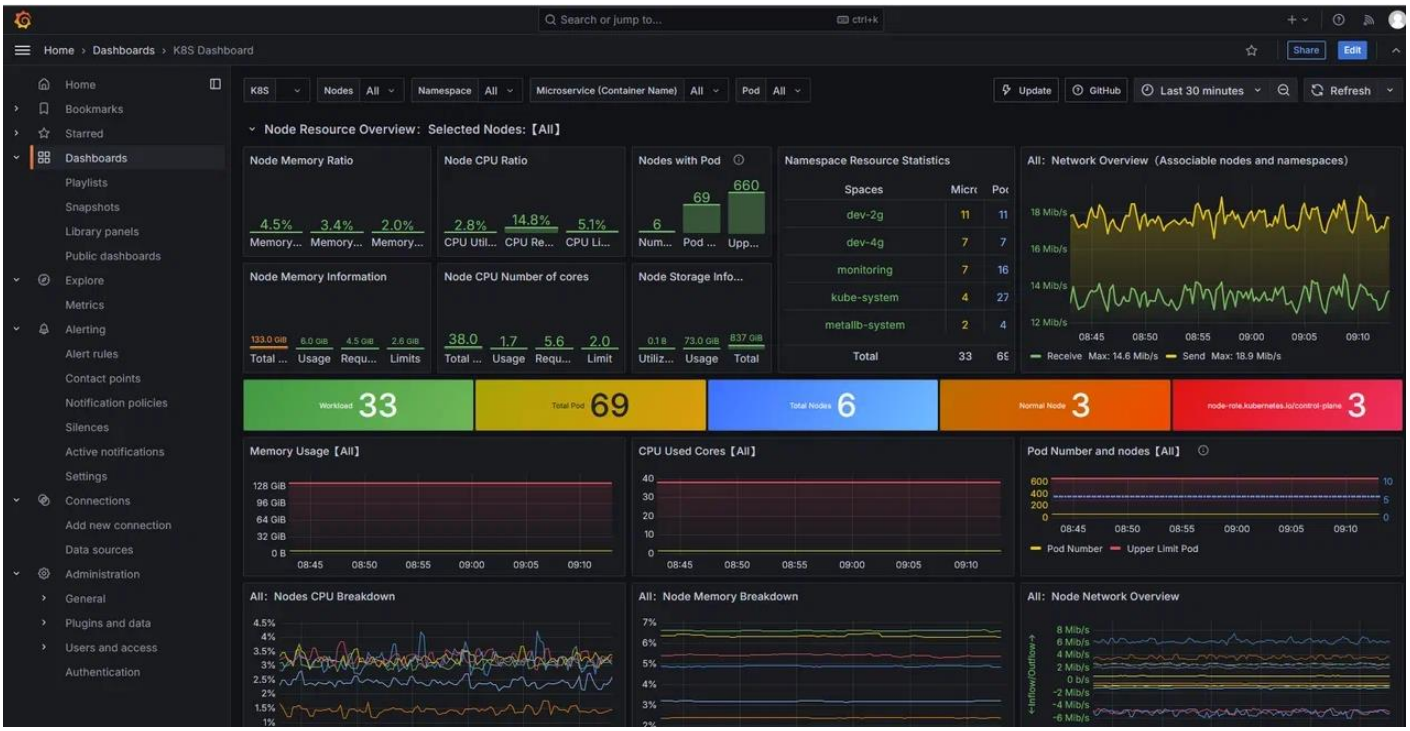

Рисунок 4-4 Пример отображения метрик производительности ПК UDR

Функционал подсистемы мониторинга может быть запущен либо остановлен с помощью команд.

4.4 Эксплуатация и процедуры изменения конфигурации ПК UDR

Каждый компонент ПК UDR поддерживает функционал эксплуатации и обслуживания, который включает в себя следующие функции:

1) Конфигурация, контроль и управление конфигурацией компонентов (например, конфигурация сигнальных протоколов, конфигурация анализа SCCP, конфигурация интерфейса S6a). Изменение параметров осуществляется через файлы конфигурации. Любые изменения в конфигурации выполняются путем перезапуска;
2) Функция управления неисправностями, например, печать списка аварийных собщений;
3) Функции управления производительностью, измерение трафика и статистическая отчетность;
4) Функции управления безопасностью, администрирование пользователей, настройка прав доступа пользователей и групп пользователей.

Программный комплекс UDR работает в составе сетей 2G/3G/4G/5G и имеет интерфейсы для взаимодействия с сетевым окружением.

Для описания параметров подключения к смежным сетевым элементам применяются конфигурационный файл, который имеет следующие разделы, в соответствии с функционалом:

1) Конфигурационный раздел для HLR;
2) Конфигурационный раздел для HSS;
3) Конфигурационный раздел для AUC;
4) Конфигурационный раздел для Diameter.

5 Обеспечение надежности и масштабируемость

Программный комплекс UDR обеспечивает отказоустойчивость на уровне 99,999%. Данный уровень отказоустойчивости ПК UDR достигается за счет резервирования всех программных и аппаратных компонентов, входящих в состав комплекса.

5.1 Отказоустойчивость и масштабируемость Kubernetes кластера

ПК UDR реализован на микросервисной архитектуре и функционирует в составе Kubernetes кластера, общая структура которого показана на Рисунке 5-1. Kubernetes кластер состоит из двух типов узлов – “master” и “worker.” Узлы типа “master” выполняют функцию управления K8S кластером. Для обеспечения отказоустойчивости K8S кластера в случае отказа “master” узла, используется резервирование из трех “master”, как показано на Рисунке 5-1.

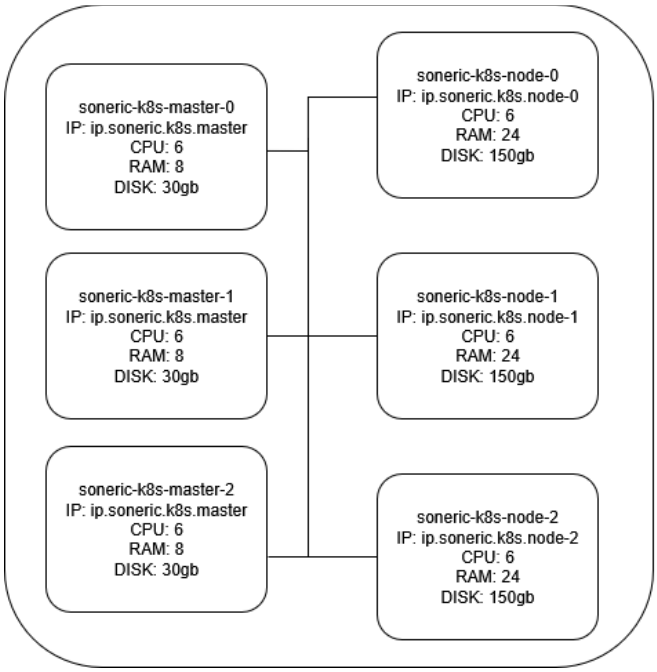

Рисунок 5-1 Общая структура Kubernetes (K8S) кластера

ПК UDR представляет собой набор микросервисов, которые функционируют на “worker” узлах. Предусмотрено использование минимум трех узлов типа “worker” в составе K8S кластера для обеспечения отказоустойчивости.

В случае необходимости увеличить производительность ПК UDR количество узлов типа “worker” может быть увеличено.

5.2 Отказоустойчивость и масштабируемость базы данных Redis

Отказоустойчивость СУБД Redis достигается за счет создания одного или нескольких “ведомых” экземпляров Redis, кажый из которых засинхронизирован с основным “ведущим” экземпляром и является таким образом его копией. Такой подход обеспечивает высокую доступность данных и защиту в случае отказа одного из узлов. Принцип репликации СУБД Redis показан на Рисунке 5-2.

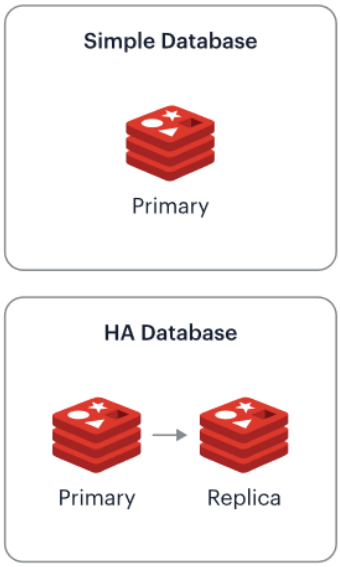

Рисунок 5-2 Создание копии (Replica) основного (Primary) экземпляра Redis для обеспечения надежности

Для обеспечения вертикального масштабирования и балансировки нагрузки используется концепция Redis Cluster, что позволяет распределять данные между несколькими узлами, повысив емкость базы данных. Принцип Redis Cluster показан на Рисунке 5-3.

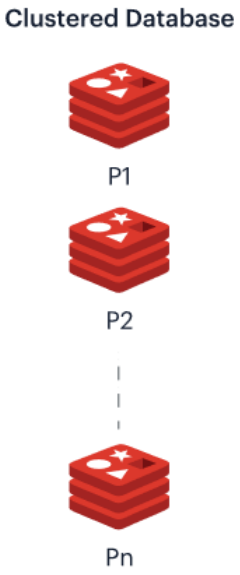

Рисунок 5-3 Объединения нескольких узлов Redis в кластер (Clustered Database)

Для обеспечения отказоустойчивости кластера Redis применяется принцип высоконадежной кластерной базы данных - High Availability Clustered Database. В этом случает для каждого “ведущего” узла, входящего в состав кластера, создается его “ведомая” копия, как показано на Рисунке 5-4. Таким образом, в Redis возможна настройка кластерной архитектуры и возможно как вертикальное, так и горизонтальное масштабирование. Благодаря этому достигается высочайшая надежность и стабильная работа данного компонента по обслуживанию профилей абонентов.

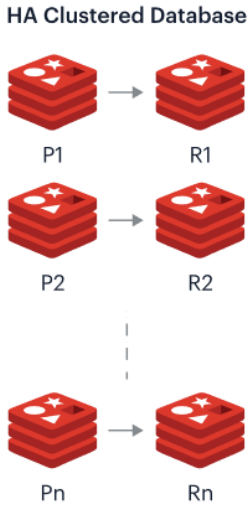

Рисунок 5-4 СУБД Redis – высоконадежная кластерная база данных

5.3 Описание работы СУБД Redis

В состав ПК UDR входит СУБД Redis с открытой лицензией (open-source edition), являющаяся разрешенным к использованию составным компонентом программного обеспечения при внесении в реестр Минцифры России.

Redis (Remote Dictionary Server) — это высокопроизводительная нереляционная база данных, работающая в оперативной памяти. Она относится к NoSQL-хранилищам и использует модель "ключ-значение". Redis полностью управляет данными в памяти, что позволяет выполнять операции за микросекунды. Redis поддерживает работу с дисковым хранилищем. Общая схема взаимодействия СУБД Redis с клиентскими приложениями и работа с дисковым хранилищем показана на Рисунке 5-5.

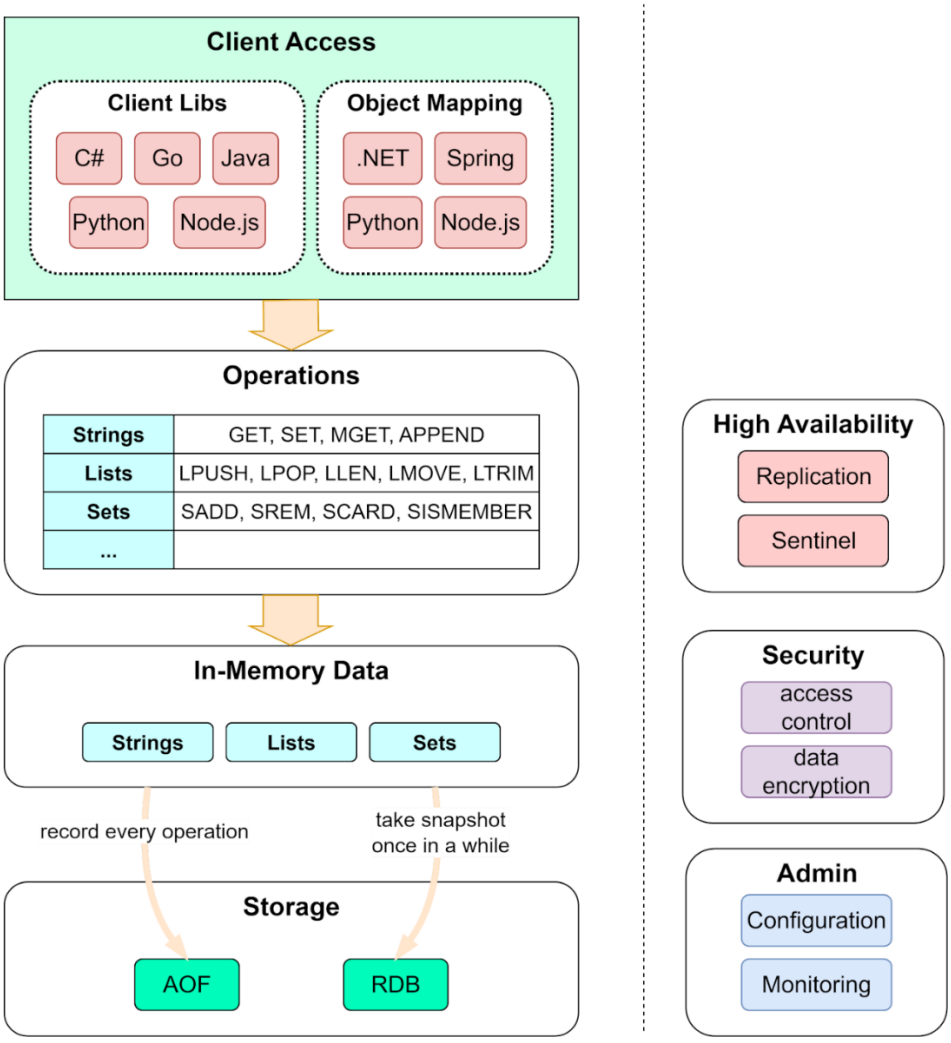

Рисунок 5-5 Общая схема взаимодействия СУБД Redis с клиентскими приложениями

Централизованная база данных на основе Redis обеспечивает хранение и управление следующими видами абонентских профилей в сетях 2G/3G/4G/5G:

1) HLR профиль;
2) HSS профиль;
3) AUC профиль.

Централизованная база данных является транзакционной, т.е. если часть транзакции не выполняется, то вся транзакция считается неуспешной и тоже не выполняется. Централизованная база данных на основе Redis поддерживает целостность данных, например, если меняется профиль абонента подсистемой HLR, то изменения профиля этого же абонента в других подсистемах не должны выполняться до завершения первой транзакции.

6 Платформа и требования к хостам

ПК UDR функционирует как набор микросервисов, работающих в Kubernetes (K8S) кластере. Для развертывания СУБД Redis, а также для работы системы мониторинга и для создания репозитория для программных модулей используются соответственно выделенные для этих целей хосты. Аппаратные требования к хостам K8S кластера, СУБД Redis, мониторинга и репозитория представлены в Таблице 6-1.

Таблица 6-1 Требования к хостам

Тип хоста	CPU	RAM	Disk
k8s- node-master	6	8 Gb	30 Gb
k8s-node-worker	6	24 Gb	150 Gb
redis	6	24 Gb	100 Gb
monitoring	8	32 Gb	300 Gb
nexus	4	8 Gb	60 Gb

7 Версии компонентов ПК UDR

В программном комплексе UDR используются отечественная операционная система RedOS, централизированная база данных Redis, кластер Kubernetes (K8S) и компоненты подсистемы мониторинга на основе Prometheus, Alertmanager, Grafana, Loki, Promtail.

Версия Redis, используемая в ПК UDR, показана в Таблице 7-1.

Таблица 7-1 Версия RedOS

Компонент	Версия
RedOS	RedOS 8

Компоненты централизированной базы данных Redis и их версии показаны в Таблице 7-2.

Таблица 7-2 Компоненты Redis и их версии

Компонент	Версия
Версия Redis	Redis: 7.2.7
	RedisJSON 2.8.8
	Redisearch 2.8.24

Компоненты подсистемы мониторинга и их версии показаны в Таблице 7-3.

Таблица 7-3 Компоненты мониторинга и их версии

Компонент	Версия
Мониторинг	Prometheus v3.1.0
	Alertmanager v0.28.0
	Grafana v11.4.0
	Loki v3.3.2
	Promtail v3.3.2
	Node_exporter v1.8.2
	Redis_exporter v1.18.0

Компоненты кластера Kubernetes (K8S) и их версии показаны в Таблице 7-4.

Таблица 7-4 Компоненты кластера Kubernetes (K8S) и их версии

Компонент	Версия
Кластер Kubernetes (K8S)	Kubernetes 1.30.10
	Kubectl 1.30 - 1.32
	Helm v3.17.0
	Kubeshark

	Promtail v3.3.2

8 Показатели производительности ПК UDR

Программный комплекс UDR обладает необходимыми ресурсами для хранения и обслуживания 100 миллионов подписок для IMSI и работу с 30 миллионами активных подписок.

Характеристики по производительности ПК UDR представлены в Таблице 8-1:

Таблица 8-1 Показатели производительности ПК UDR (транзакций в секунду)

Узел	Максимальный TPS на 1 млн абонентов	Максимальный TPS на 30 млн абонентов
HLR	2 000	60 000
HSS	1 000	30 000
Централизованная база данных	9 000	270 000

9 История изменений

История изменений фиксируется в Таблице 9-1.

Таблица 9-1 История изменений

Дата	Версия документации	Версия UDR	Комментарии
01.07.2025	0.0	PoC	Первая версия документа
05.09.2025	0.0	PoC	Устранены архитектурные замечания

Список сокращений

Сокращение	Определение
UDR	User Data Repository – домашний репозиторий абонентов;
ПК	Программный комплекс;
API	Application Programming Interface - набор правил и протоколов, позволяющих приложениям взаимодействовать друг с другом;
HLR	Home Location Register - домашний регистр местоположения мобильных абонентов сетей стандартов 2G/3G;
HSS	Home Subscriber Server – сервер абонентских данных сети стандарта 4G;
AUC	Authentication Center – центр аутентификации мобильных абонентов;
Database	Централизованная база данных;
2G	Стандарт мобильной связи второго поколения;
3G	Стандарт мобильной связи третьего поколения;
4G	Стандарт мобильной связи четвертого поколения;
5G	Стандарт мобильной связи пятого поколения;
SCTP	Stream Control Transmission Protocol – транспортный протокол для сигнализации;
M3UA	MTP-3 User Adaptation Layer - протокол адаптации пользовательского уровня;
SCCP	Signalling Connection Control Part — протокол сетевого уровня, используемый в телекоммуникациях для передачи сигнальных сообщений по сети;
TCAP	Transaction Capabilities Application Part - часть Общеканальной системы сигнализации №7 (SS7);
SS7	Signalling System 7- это набор протоколов телефонной сигнализации;
MAP	Mobile Application Part – протокол сигнализации для мобильных сетей 2G/3G;

Diameter	Протокол сигнализации для сетей 4G;
S6a	Интерфейс между HSS и MME в сети 4G;
STP	Signaling Transfer Point - компонент в телекоммуникационных сетях, который обеспечивает маршрутизацию и передачу сигнальных сообщений между различными элементами сети;
DRA	Протокол обмена сообщениями аутентификации, авторизации для приложений доступа к сетям и мобильности данных в сетях 3G, 4G, IMS и LTE;
3GPP	The 3rd Generation Partnership Project - содружество телекоммуникационных ассоциаций, которые разрабатывают протоколы для мобильных телекоммуникаций;
SMS	Short Message Service - технология приёма и передачи коротких текстовых сообщений с помощью мобильного телефона;
IMSI	International Mobile Subscriber Identity – международный идентификатор мобильного абонента;
CLI	Command line interface - интерфейс командной строки, который позволяет взаимодействовать с компьютером с помощью текстовых команд заданного формата;
MSC	Mobile Switching Center - мобильный коммутационный центр, или мобильный коммутационный сервер сотовых сетей 2G и 3G;
SGSN	Serving GPRS Support Node - узел обслуживания абонентов пакетной сети передачи данных сетей GSM и UMTS. Это аналог MSC для пакетной сети передачи данных;
pSGSN	Previous Serving GPRS Support Node - предыдущий узел обслуживания абонентов пакетной сети передачи данных сетей GSM и UMTS. Это аналог MSC для пакетной сети передачи данных;
MSISDN	Mobile Subscriber Integrated Services Digital Number - номер мобильного абонента;
GPRS	General Packet Radio Service - надстройка над технологией GSM, осуществляющая пакетную передачу данных;
MME	Mobility Management Entity – узел управления мобильностью в сети 4G;

TPS	Time per second - число транзакций в секунду;
SCP	Service Control Point - пункт управления услугами;
VLR	Visitor Location Register - гостевой регистр местоположения;
pVLR	Previous Visitor Location Register – предыдущий гостевой регистр местоположения;
SSH	Secure Shell - протокол прикладного уровня для удалённого обмена данными между устройствами;
SFTP	Secure File Transfer Protocol - протокол прикладного уровня передачи файлов, работающий поверх безопасного канала;
NTP	Network Time Protocol - протокол сетевого времени, который помогает синхронизировать время устройств;
CI\CD	Continuous Integration/Continuous Delivery - методология разработки, которая позволяет автоматизировать процесс создания ПК;