

Описание решения
Программный Комплекс Управления
Политиками и тарификацией
CPM Continuous Policy and Charging Suite
(CPCS)

Версия 1.6



Оглавление

1	Введение	3
1.1	Глоссарий	3
1.2	Литература	4
2	Общее описание решения	5
2.1	CPSC в сети VoLTE.....	5
2.2	CPCS в сети PCC	5
2.3	Аппаратное обеспечение и операционная система	6
2.4	Функциональные компоненты решения, 3-х уровневая схема	6
2.5	Принципы резервирования и масштабирования решения	7
2.5.1	Master	7
2.5.2	Worker.....	7
2.5.3	Db	7
2.6	Вспомогательные компоненты решения CPCS	8
2.7	Подключение компонентов.....	8
2.8	Логическое подключение компонентов	9
2.9	Пример архитектуры внедрения гео-резервированного решения	9
3	Функционал решения.....	11
3.1	Общие сценарии (use cases)	11
3.1.1	IP-CAN Session Establishment.....	11
3.1.2	IP-CAN Session Modification	11
3.1.3	IP-CAN Session Termination	13
3.1.4	Георезервирование: Обработка входящих сообщений на любом сайте CPCS.....	14
3.1.5	Destination Realm, Destination Host в исходящих сообщениях.	14
3.2	Дополнительные функциональные сценарии	14
3.2.1	NetLoc	14
3.2.2	Очистка зависших сессий	15
4	Мониторинг и управление решением.....	17
4.1	Конфигурирование	17
4.1.1	Функциональные параметры	17
4.1.2	Системные параметры	18
4.2	Мониторинг решения.....	18
4.3	Система логирования и диагностики.....	19
4.4	Развертывание системы.....	19

1 Введение

Настоящий документ кратко описывает функциональные возможности и программную архитектуру Программного Комплекса Управления Политиками и тарификацией от компании ООО «СПМ Лтд» - CPM Continuous Policy and Charging Suite версии 1.x (далее CPCS).

Приводится также краткое описание нефункциональных подсистем конфигурирования, мониторинга, логирования и диагностики, а также разворачивания системы.

1.1 Глоссарий

В настоящем документе использованы следующие сокращения

3GPP	3 rd Generation Partnership Project
AAA	Authentication-Authorization Answer
AAR	Authentication-Authorization Request
AF	Application Function
ASA	Abort Session Answer
ASR	Abort Session Request
AVP	Attribute Value Pair
BBERF	Bearer Binding and Event Reporting Function
CCA	Credit Control Answer
CCR	Credit Control Request
COTS	Commercial Off-The-Shelf
CPCS	CPM Continuous Policy and Charging Suite
CS	Circuit Switched
Db	Database
EPC	Evolved Packet Core
FE	Front End
GRPC	Google Remote Procedure Call
GUI	Graphical User Interface
HSS	Home Subscriber Server
I-CSCF	Interrogating Call State Control Function
IMS	IP Multimedia Subsystem
IP-CAN	IP Connectivity Access Network
LACP	Link Aggregation Control Protocol
LAG	Link Aggregation Group
MGCF	Media Gateway Control Function
MME	Mobile Management Entity
NetLoc	Network Location
NFS	Network File System
NMS	Network Management System
OAM	Operation Administration and Maintenance
OCS	Online Charging System
OFCS	Offline Charging System
PCC	Policy and Charging Control
PCEF	Policy and Charging Enforcement Function
P-CSCF	Proxy Call State Control Function
PCRF	Policy and Charging Rules Function
PFDF	Packet Flow Description Function
PGW	PDN Gateway
PVE	Proxmox Virtual Environment
QoS	Quality of Service
RAA	Re-Auth-Answer
RAR	Re-Auth-Request
RCAF	RAN Congestion Awareness Function
SCEF	Service Capability Exposure Function
S-CSCF	Serving Call State Control Function
SGW	Serving Gateway
SPR	Subscription Profile Repository
STA	Session Termination Answer
STR	Session Termination Request

TAS	Telephony Application Server
TDF	Traffic Detection Function
TSSF	Traffic Steering Support Function
UDR	User Data Repository
VLAN	Virtual Local Area Network
VoLTE	Voice over LTE
VPCRF	Visited Policy and Charging Rules Function

1.2 Литература

Настоящее описание решения опирается на следующую документацию:

- [1]. 3GPP TS 23.203 - Policy and charging control architecture
- [2]. RFC 6733 - Diameter Base Protocol
- [3]. 3GPP TS 29.212 - Policy and Charging Control (PCC); Reference points
- [4]. 3GPP TS 29.213 - Policy and Charging Control signalling flows and Quality of Service (QoS) parameter mapping
- [5]. 3GPP TS 29.214 - Policy and Charging Control over Rx reference point

2 Общее описание решения

2.1 CPSC в сети VoLTE

Функциональное место CPSC в VoLTE сети оператора мобильной связи проиллюстрировано на рисунке ниже:

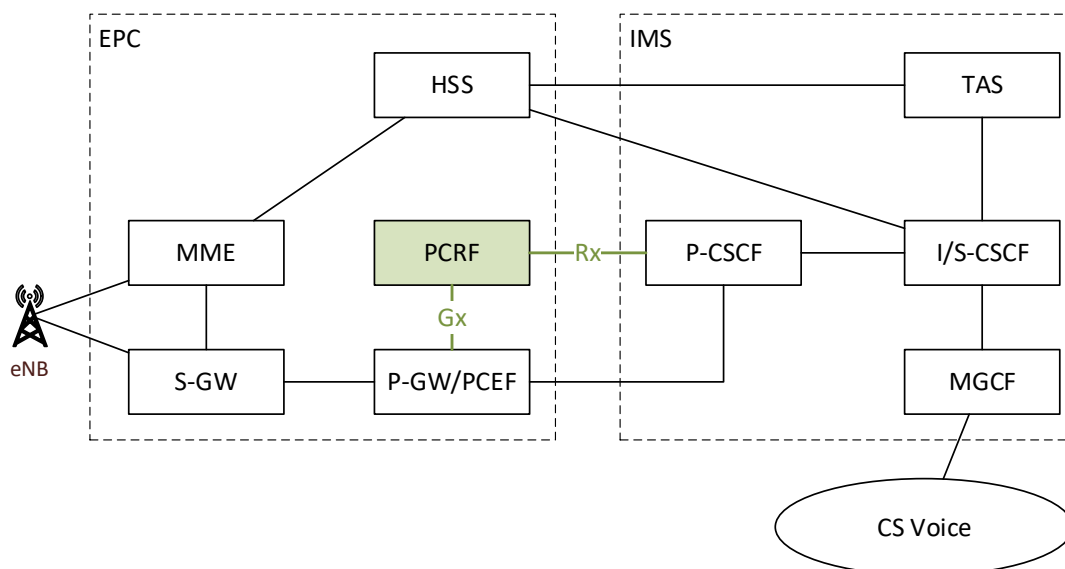


Рис. 1 CPSC в сети VoLTE

2.2 CPSC в сети PCC

Согласно общей PCC архитектуре (см. 3GPP TS 23.203), приведенной на рисунке ниже,

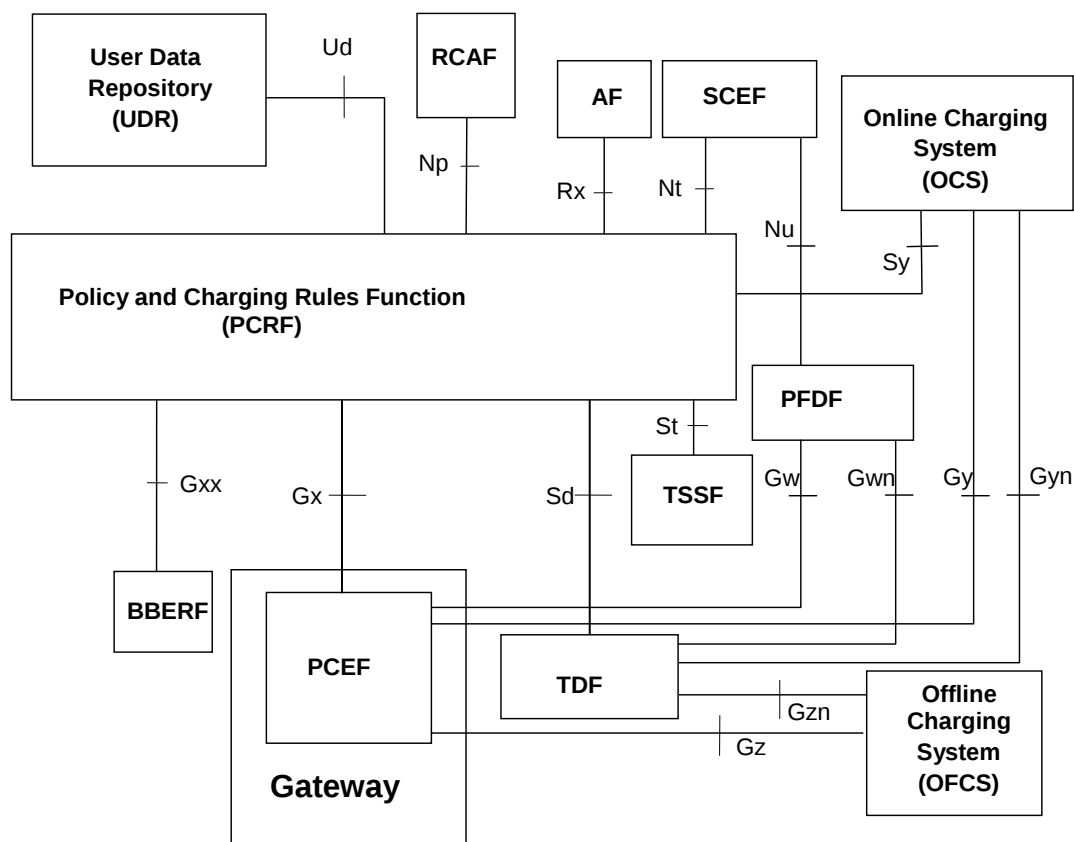


Рис. 2 Общая PCC архитектура согласно 3GPP TS 23.203

CPSC реализует функционал PCRF с Gx и Rx интерфейсами (reference points):

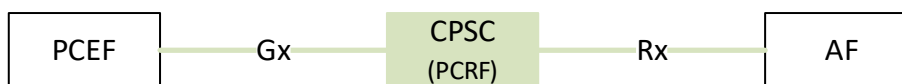


Рис. 3 CPSC reference points

Реализация соответствует спецификациям RFC 6733, 3GPP TS 29.212, 3GPP TS 29.213, 3GPP TS 29.214 (3GPP release 15).

Более подробное описание стандартного функционала, реализованного в CPSC версии 1.x (VoLTE) приводится в разделе 3

2.3 Аппаратное обеспечение и операционная система

Специфических требований к аппаратному обеспечению не предъявляется. Рекомендовано внедрение на типовых COTS серверах. Конфигурация и конкретные параметры аппаратного обеспечения рассчитываются под конкретное внедрение.

Операционная система:

Рекомендовано: операционная система Proxmox VE 9.1+ (близкий аналог – Alt сервер виртуализации/Debian с установленным PVE)

Минимально необходимо: ОС Линукс с поддержкой LXC

Все внутренние компоненты системы реализованы как LXC (или Linux) контейнеры.

2.4 Функциональные компоненты решения, 3-х уровневая схема

Общая схема реализации CPSC 1.x представлена на рисунке ниже:

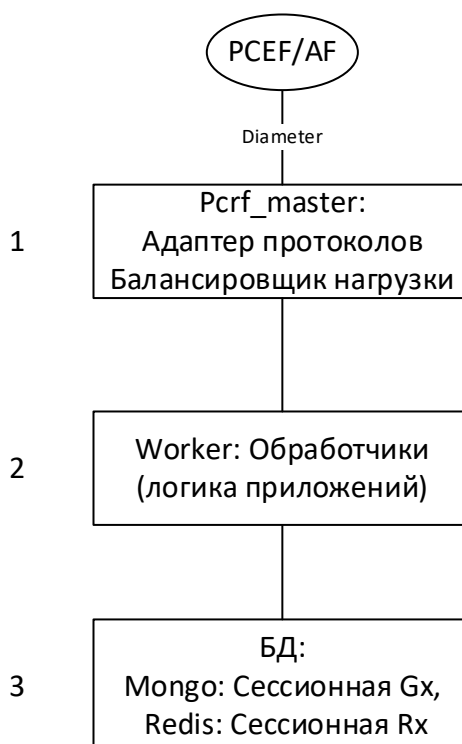


Рис. 4 Трехуровневая структура VoLTE PCRF

Компоненты «Master» или «PCRF Master» работают на 1 уровне и отвечают за реализацию протоколов взаимодействия с внешними системами: diameter для взаимодействия с PCEF, AF. Также «Master» отвечает за распределение нагрузки между компонентами 2-го уровня - worker.

Для организации обмена данными и очередей сообщений между 1 и 2 уровнями используется библиотека ZeroMQ (0MQ).

Компоненты 2 уровня названы «worker», получают диаметровые сообщения через 0MQ, реализуют логику обработки сообщений, формируют ответы и отправляют их «master» компоненту для отправки на внешние системы.

При этом информация о сессиях хранится в базе данных, представляющей собой третий уровень решения.

Каждый компонент реализован в собственном linux контейнере.

2.5 Принципы резервирования и масштабирования решения

2.5.1 Master

Master резервируется по схеме Active/Standby внутри сайта и по схеме Active/Active между сайтами.

Резервирование внутри сайта реализовано с использованием виртуального ip адреса (VIP). Управление (переключение) виртуальным адресом осуществляется с помощью демона keepalived.

При выходе из строя одного master компонента на резервном компоненте активируется тот же самый VIP адрес и внешние системы и worker компоненты продолжают работу.

Резервирование между сайтами достигается за счет стандартных возможностей протокола Diameter.

На данном этапе возможно вертикальное масштабирование Master компонентов.

2.5.2 Worker

Резервирование worker реализовано по схеме (пере)распределения нагрузки за счет использования возможностей библиотеки 0MQ. Т.е. при выходе из строя одного из worker компонентов нагрузка будет перераспределена между остальными компонентами.

Соответственно горизонтальное масштабирование количества worker осуществляется добавлением нужного кол-ва компонентов.

2.5.3 Db

2.5.3.1 Rx session db

Для организации сессионной базы Rx используется Redis Cluster.

Резервирование (репликация) и масштабирование (шардирование) реализованы за счет встроенных средств Redis cluster. Распределение по шардам реализовано по ключу Session_id.

2.5.3.2 Gx session db

Для организации сессионной базы Gx используется MongoDB.

Резервирование (репликация) реализована за счет встроенных средств MongoDB.

Расширение сессионной базы Gx на данном этапе возможно за счет увеличения вычислительных ресурсов, выделенных под базу данных (вертикальное).

Схемы резервирования Gx и Rx сессионных баз данных приведены на Рис. 7 в разделе 2.9

2.6 Вспомогательные компоненты решения CPCS

Решение CPCS состоит из функциональных – непосредственно участвующих в обработке трафика – компонентов и вспомогательных компонентов. Каждый компонент реализован в собственном linux контейнере.

Функциональные компоненты решения – Master, Worker, Db – описаны в разделе 2.4.

Ниже перечислены вспомогательные компоненты решения:

- PVE (Proxmox Virtual Environment) 9.1 – Гипервизор и управление контейнерами
- FE – FrontEnd – реализует GUI для управления системной и функциональной конфигурацией системы.
- Logman и Logverifier – Собственные компоненты, реализующий логирование всего сигнального трафика и дальнейшее его хранение, обработку и анализ.
- NMS – компонент обеспечивающий алертинг и перформанс мониторинг системы. Построен на основе связки Prometheus + Grafana.
- Sanator – дополнительный компонент, отвечающий за периодическую проверку и удаление «зависших» (присутствующих на PCRF, но отсутствующих на PCEF) Gx сессий
- Deployer – вспомогательный контейнер, с которого производится разворачивание всех компонентов решения
- Registry – вспомогательный контейнер, содержащий ПО для разворачивания системы.

2.7 Подключение компонентов

В качестве host OS в решении используется PVE 9.1, который выполняет также функции гипервизора и управления контейнерами. Схема подключения компонент приводится на рисунке ниже:

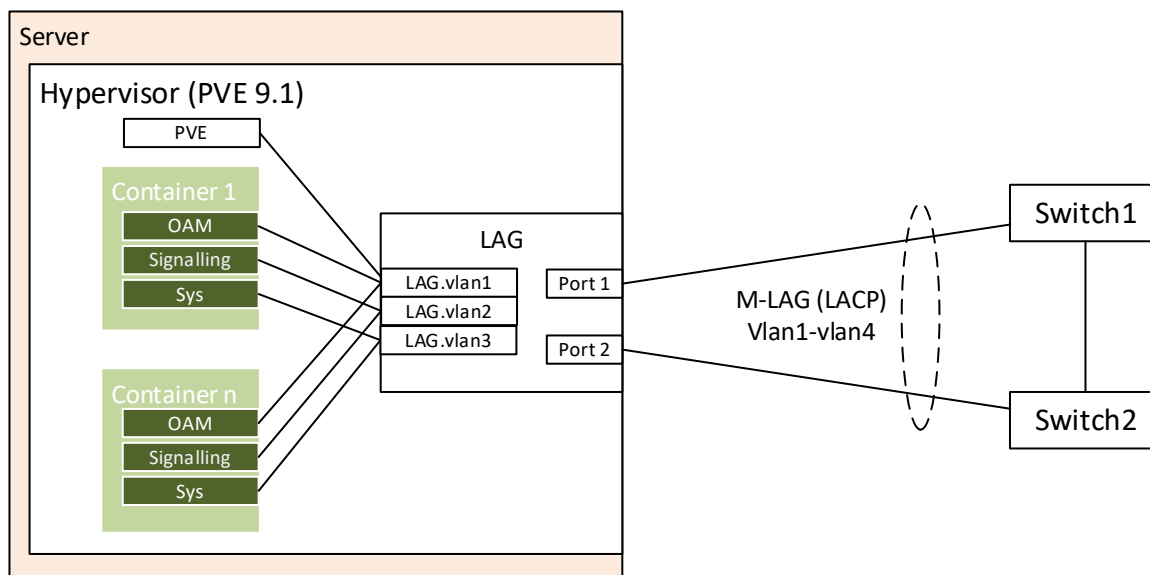


Рис. 5 Подключение компонентов

Для резервирования подключения каждый сервер подключается двумя портами, объединенными в bridge (LAG). Между сервером и коммутаторами организован Multi-chassis LAG с использованием протокола LACP. При наличии достаточного кол-ва физических портов и необходимости повысить степень резервирования физического подключения, можно для подключения серверов к коммутаторам использовать не 2 а 4 порта – по два порта к каждому коммутатору.

Каждый контейнер, в зависимости от своего назначения, может иметь несколько интерфейсов:

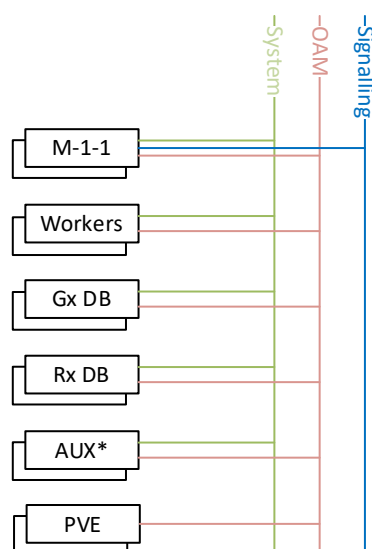
- Signalling – Diameter интерфейс для взаимодействия с внешними PCEF/AF,
- OAM – интерфейс для управления компонентом,
- System - интерфейс для внутреннего взаимодействия компонентов внутри комплекса CPCS

На каждом контейнере используется не тегированный интерфейс, подключаемый к выделенному для этого типа интерфейса VLAN. OAM Vlan используется также для подключения PVE.

Трафик между серверами и коммутаторами тегированный, каждый vlan далее связан с соответствующим VRF в транспортной сети оператора.

2.8 Логическое подключение компонентов

Типы интерфейсов/vlan, используемые на разных компонентах решения проиллюстрированы на рисунке ниже:



*AUX – Вспомогательные компоненты: NMS, FE, Logman, Logverifier, Sanator

Рис. 6 Vlan для подключения компонентов.

- Signalling – Diameter интерфейс для взаимодействия с внешними PCEF/AF,
- OAM – интерфейс для управления компонентом,
- System - интерфейс для внутреннего взаимодействия компонентов внутри комплекса CPCS

Внутри одного сайта обеспечена L2 связность внутри каждого vlan. Между гео-резервными сайтами обеспечивается L3 связность между одинаковыми типами интерфейсов, например, System. При этом L2 связность между гео-резервными сайтами не требуется.

2.9 Пример архитектуры внедрения гео-резервированного решения

Функциональная схема решения с географическим резервированием приведена на рисунке ниже:

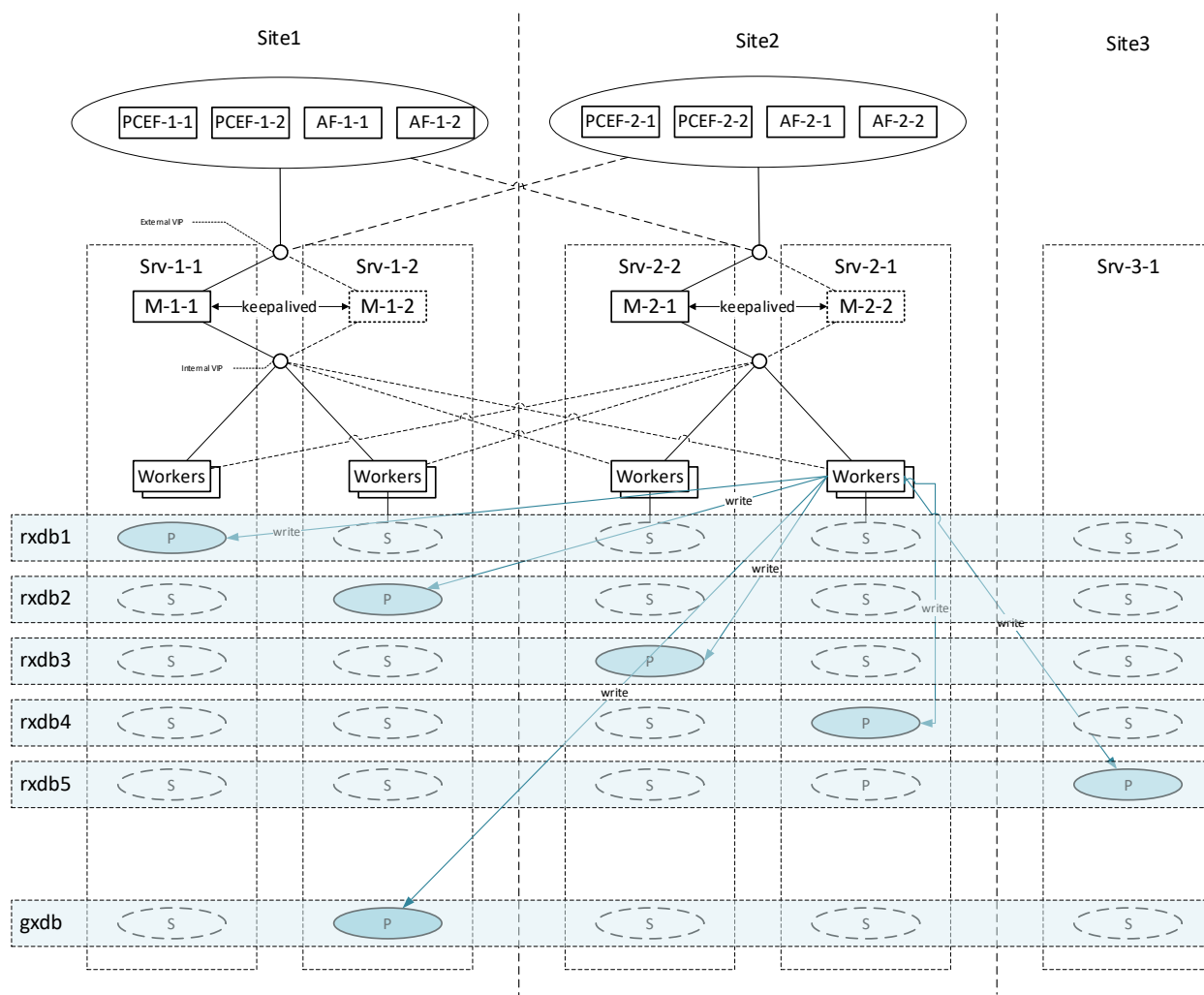


Рис. 7 Функциональная схема решения

Обратим внимание, что для предотвращения проблемы “split brain” для резервирования баз данных используется реплика/арбитр на третьем сайте, за счет чего достигается корректное голосование в случае изоляции одного из сайтов.

На рисунке проиллюстрирован рекомендованный вариант внедрения на 5 серверах по схеме «2+2+1» – по два на сайтах 1 и 2 и еще один сервер на 3-м сайте.

В зависимости от требований, предъявляемых к надежности конкретного внедрения, возможно внедрение с меньшей степенью резервирования, например, по схеме «1+1+1» - с гео-резервированием, но без резервирования внутри сайта. Для функционального тестирования возможно внедрение и на одном сервере.

3 Функционал решения

В версии 1.x реализован функционал PCRF, необходимый для реализации Voice over LTE.

3.1 Общие сценарии (use cases)

В этом разделе приведено краткое описание и диаграммы реализованных в CPSC сценариев (use cases), необходимых для реализации VoLTE функционала PCRF. Для упрощения документа подробное описание процедур не приводится, приведены ссылки на соответствующие разделы спецификаций, подробно определяющие данные процедуры.

3.1.1 IP-CAN Session Establishment

На рисунке ниже приведена диаграмма установления IP-CAN сессии.

Для упрощения описания, и чтобы обратить внимание на основные этапы установления сессии, на диаграмме не показаны функциональные элементы, не участвующие непосредственно в VoLTE сценарии (TDF, TSSF, V-PCRF, OCS, SPR). Полную версию диаграммы и подробное описание см. в TS 29.213 4.1.

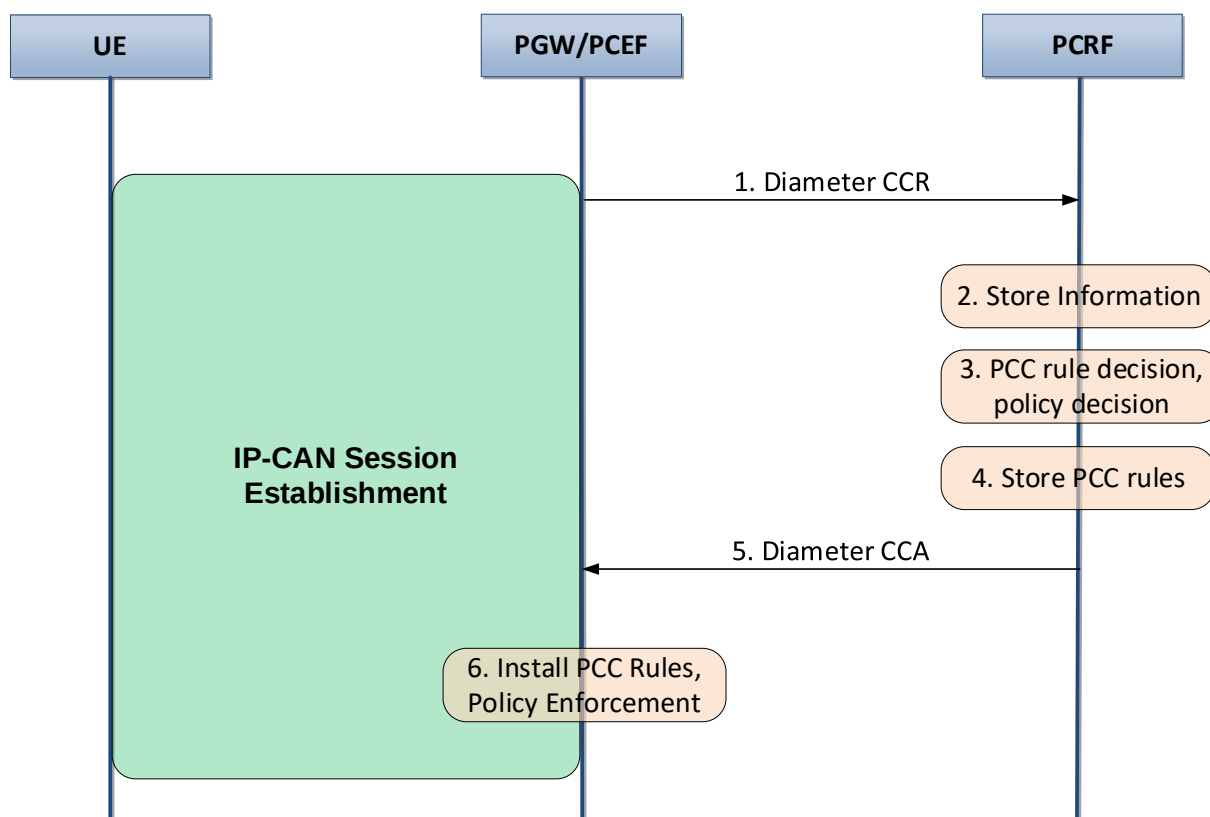


Рис. 8 IP-CAN session establishment

Процедура установления сессии реализована согласно 3GPP TS 29.212 4.5.1 и 3GPP TS 29.213 4.1. Подробное описание этапов сценария полностью соответствует упомянутым выше первоисточникам и здесь не приводится для упрощения документа.

3.1.2 IP-CAN Session Modification

3.1.2.1 AF Session Establishment/Modification, IP-CAN session modification

На рисунке ниже приведена совмещенная упрощенная диаграмма установления/модификации Rx (или Af) сессии и соответственная (т.е. происходящая вследствие этого) модификация IP-CAN сессии.

Полную версию диаграмм и подробное описание см. в TS 29.213 4.3.1.

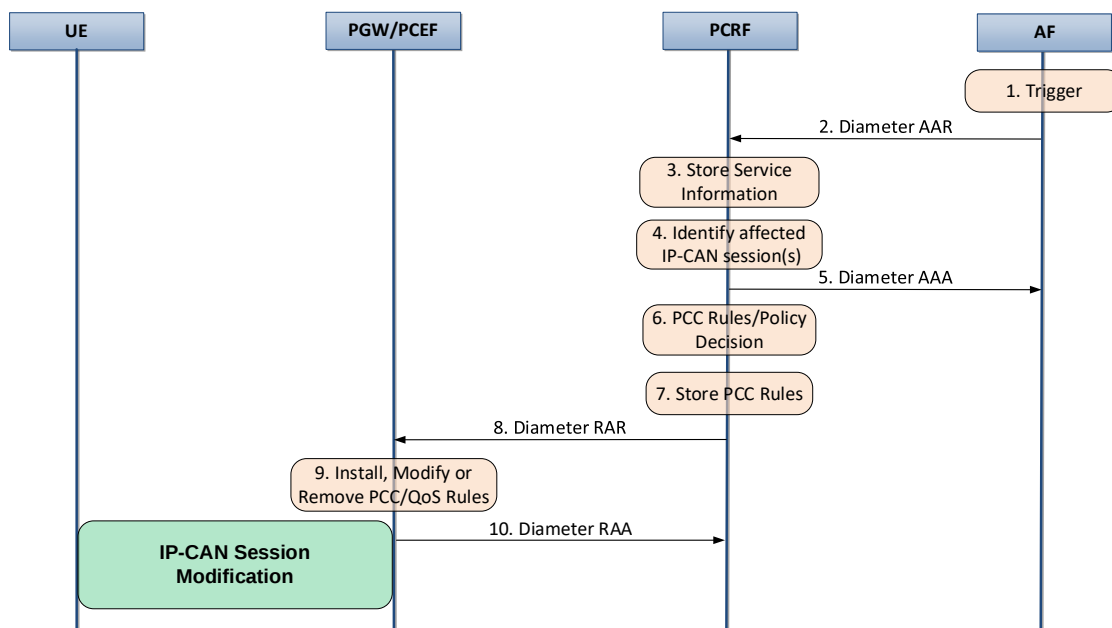


Рис. 9 AF session establishment/modification

Процедура реализована в соответствии с 3GPP TS 29.213 4.3.1; 29.214 4.4.1, 4.4.2; 29.212 4.5.2-4.5.5

3.1.2.2 AF Session Termination

На рисунке ниже приведена совмещенная упрощенная диаграмма удаления Rx (или Af) сессии и соответственная (т.е. происходящая вследствие этого) модификация IP-CAN сессии.

Полную версию диаграмм и подробное описание см. в TS 29.213 4.3.1.2.3.1 и 4.3.1.1.1

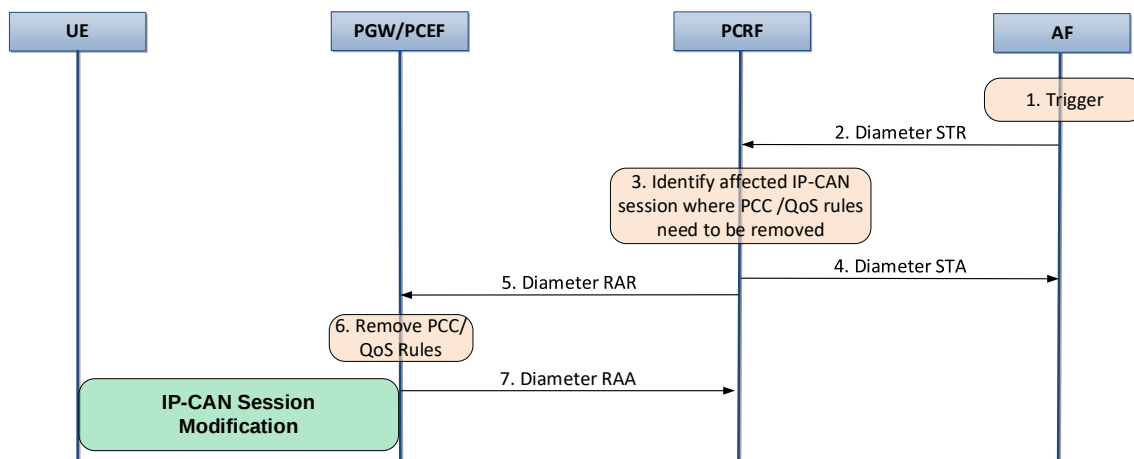


Рис. 10 AF session termination

Процедура реализована в соответствии с 3GPP TS 29.213 4.3.1.2.3.1 и 4.3.1.1.1; 29.214 4.4.4; 29.212 4.5.2-4.5.5

3.1.2.3 PCEF-Initiated IP-CAN Session Modification

На рисунке ниже приведена совмещенная упрощенная диаграмма модификации IP-CAN сессии по инициативе PCEF, и соответственная (т.е. происходящая вследствие этого) модификация/удаление AF (Rx) сессии.

Полную версию диаграмм и подробное описание см. в TS 29.213 4.3.2.1

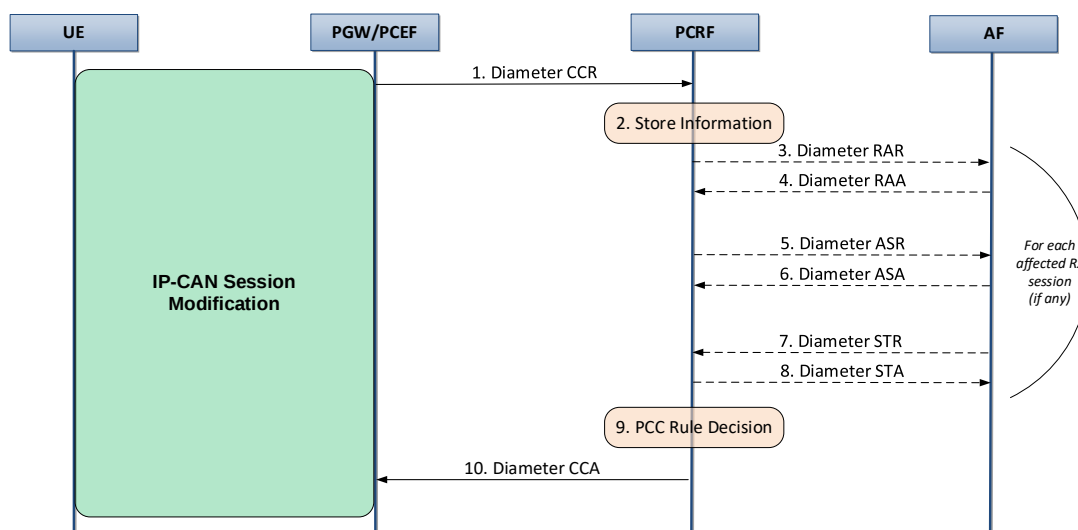


Рис. 11 PCEF initiated IP-CAN session modification

Процедура реализована в соответствии с 3GPP TS 29.213 4.3.2.1; 29.214 4.4; 29.212 4.5.1 2)

3.1.3 IP-CAN Session Termination

3.1.3.1 UE/PCEF-Initiated

На рисунке ниже приведена совмещенная упрощенная диаграмма удаления IP-CAN сессии по инициативе UE/PCEF и соответствующее (т.е. происходящее вследствие этого) удаление AF (Rx) сессии.

Полную версию диаграмм и подробное описание см. в TS 29.213 4.2.1, 4.2.2

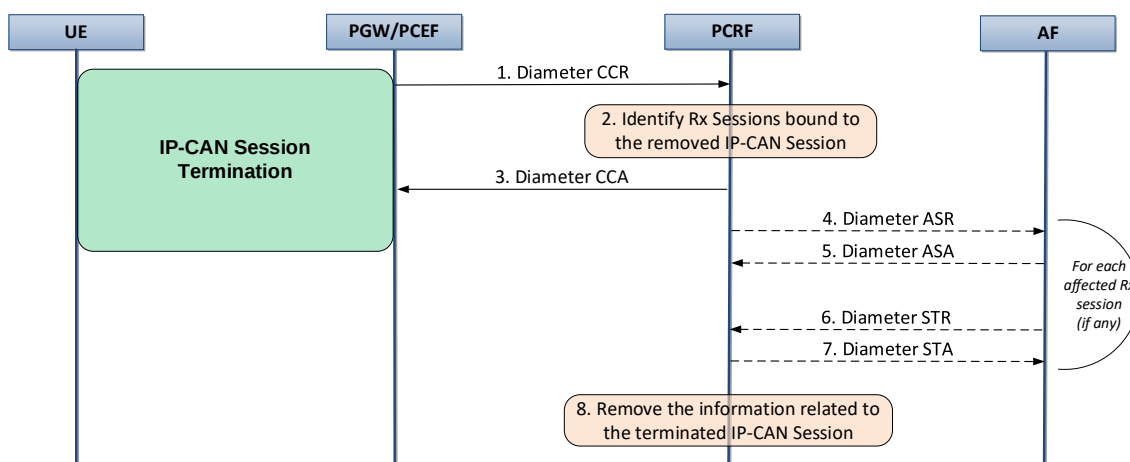


Рис. 12 UE/PCEF initiated IP-CAN session termination

Процедура реализована в соответствии с 3GPP TS 29.213 4.2.1, 4.2.2; 29.214 4.4; 29.212 4.5.7

3.1.3.2 PCRF-Initiated

На рисунке ниже приведена совмещенная упрощенная диаграмма удаления IP-CAN сессии по инициативе PCRF и соответствующее (т.е. происходящее вследствие этого) удаление AF (Rx) сессии.

Полную версию диаграмм и подробное описание см. в TS 29.213 4.2.3

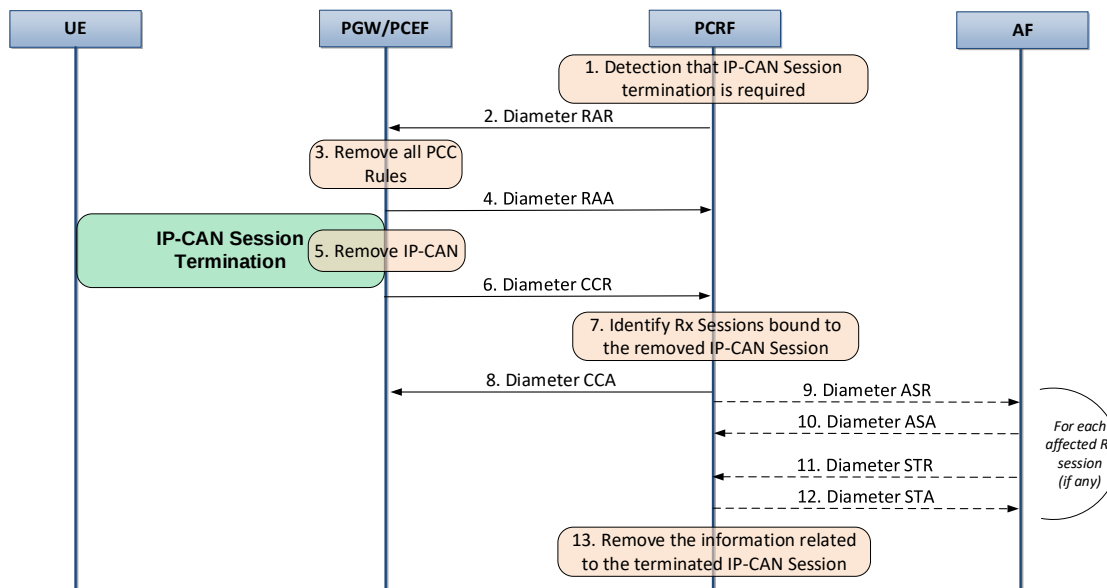


Рис. 13 PCRF initiated IP-CAN session termination

Процедура реализована в соответствии с 3GPP TS 29.213 4.2.3; 29.214 4.4; 29.212 4.5.9

3.1.4 Георезервирование: Обработка входящих сообщений на любом сайте CPCS

Как проиллюстрировано на Рис. 7 CPSC использует общую для обоих сайтов сессионную Gx и Rx базу данных. Это позволяет корректно обработать любой запрос на любом сайте CPCS даже если сообщение относится к диаметр сессии, которая была начата на другом сайте. Как следствие, это дает возможность в случае отказа одного из CPCS сайтов продолжить работу без переустановки Gx и Rx сессий.

Кроме того, это снимает необходимость коррелировать Rx и Gx сообщения между сайтами – то есть для P-CSCF нет необходимости посылать Rx сообщения на тот же сайт, где была начата Gx сессия абонента.

3.1.5 Destination Realm, Destination Host в исходящих сообщениях.

При формировании исходящих запросов – RAR на Gx интерфейсе, RAR и ASR на Rx интерфейсе – CPCS использует следующий алгоритм: значение AVP Origin-Host / Origin-Realm из сообщения, которое послужило инициатором диаметр сессии, копируются соответственно в AVP Destination-Host / Destination-Realm исходящего запроса. Это дает возможность корректно доставить сообщение до нужного адресата (например, до одного из многих PGW/PCEF) без использования ресурсоемкого и дорогостоящего функционала session stickiness (когда DRA поддерживает базу данных соответствия номеров диаметр сессий и хостов) на промежуточных DRA.

3.2 Дополнительные функциональные сценарии

В этом разделе приведено описание некоторых дополнительных сценариев реализованных в CPCS

3.2.1 NetLoc

CPCS поддерживает функционал NetLoc – передачу информации о местоположении и/или таймзоне абонента - в соответствии с 3GPP TS 29.212 4.5.22; 3GPP TS 29.214 4.4.6.7

В настоящий момент реализован репортинг access network information при запросе со стороны AF в сообщении AAR. Реализация репортинга access network information при запросе в STR, запланирована в будущих релизах.

На диаграмме ниже представлен сигнальный обмен NetLoc

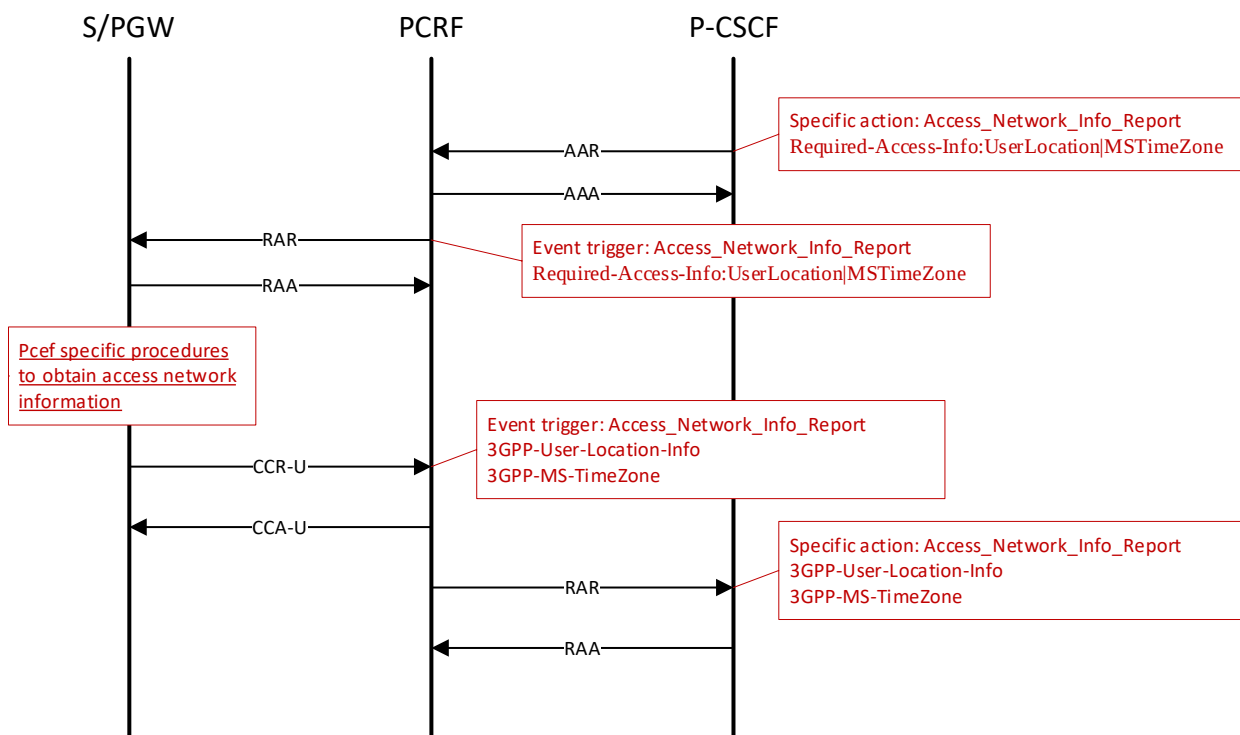


Рис. 14 NetLoc signalling

3.2.2 Очистка зависших сессий

В процессе эксплуатации (например, при рестарте PGW/PCEF) периодически возникают ситуации рассинхронизации состояния Gx сессий между PGW/PCEF и PCRF. Со стороны PCRF необходимо обрабатывать ситуацию, когда на PCRF сессия есть, а на PCEF эта сессия отсутствует. С целью обнаружения таких сессий CPSC периодически проверяет наличие сессий на PCEF и, в случае отсутствия, удаляет Gx сессию и все соответствующие ей Rx сессии из своей базы данных.

Сигнальные диаграммы для описанного алгоритма приведены на рисунках ниже.

Проверка наличия сессии – если PCEF возвращает значение Result-Code = 2001 (DIAMETER_SUCCESS), сессия есть, удалять не надо:

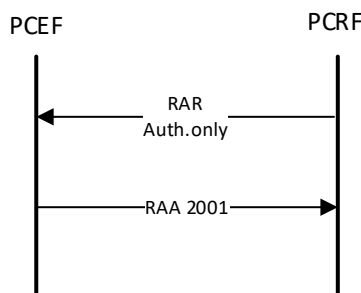


Рис. 15 Проверка наличия сессии на PCEF

Удаление сессии – PCEF вернул 5002 (DIAMETER_UNKNOWN_SESSION_ID) – сессия удаляется из базы данных CPSC:

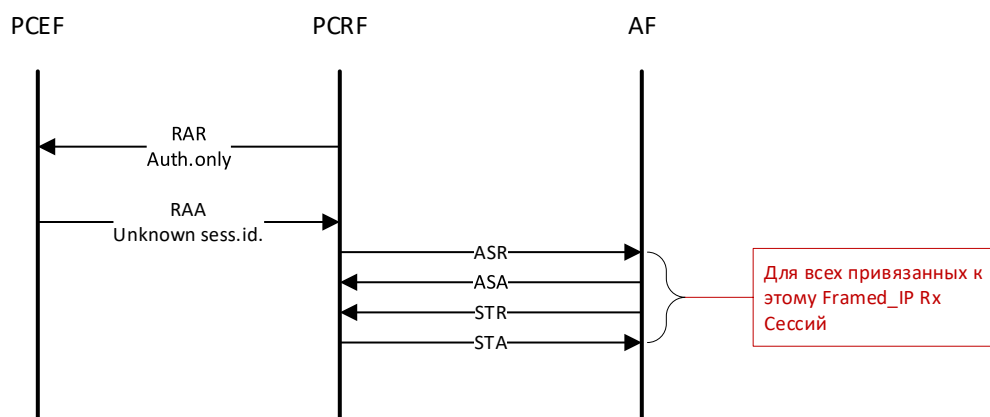


Рис. 16 Удаление сессии, отсутствующей на PCEF

4 Мониторинг и управление решением

4.1 Конфигурирование

4.1.1 Функциональные параметры

Конфигурирование функциональных параметров системы (компоненты PCRF Master и Worker) осуществляется через графический интерфейс пользователя – FrontEnd (FE), реализованный в выделенном контейнере. На рисунке ниже представлена архитектура подсистемы конфигурирования.

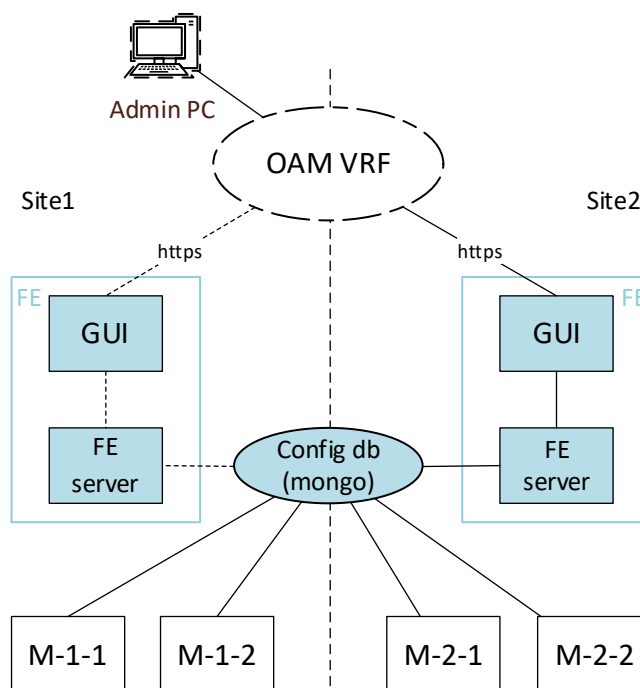


Рис. 17 Архитектура конфигурирования через Front End

Взаимодействие администратор – FE осуществляется через OAM интерфейс (протокол HTTPS). Для взаимодействия FE с PCRF Master компонентами решения (сигнализация об изменении конфигурации) используется интерфейс System, протокол. Master компоненты читают конфигурацию непосредственно из MongoDB. Компоненты Worker получают конфигурацию не напрямую с FE, а через PCRF Master.

FE реализован в выделенном контейнере, по одному FE на сайт. Для резервированного хранения конфигураций используется Mongo DB (совмещенная в одном контейнере с Gx DB).

В качестве примера на рисунке ниже приведен скриншот конфигурации параметров Diameter стека.

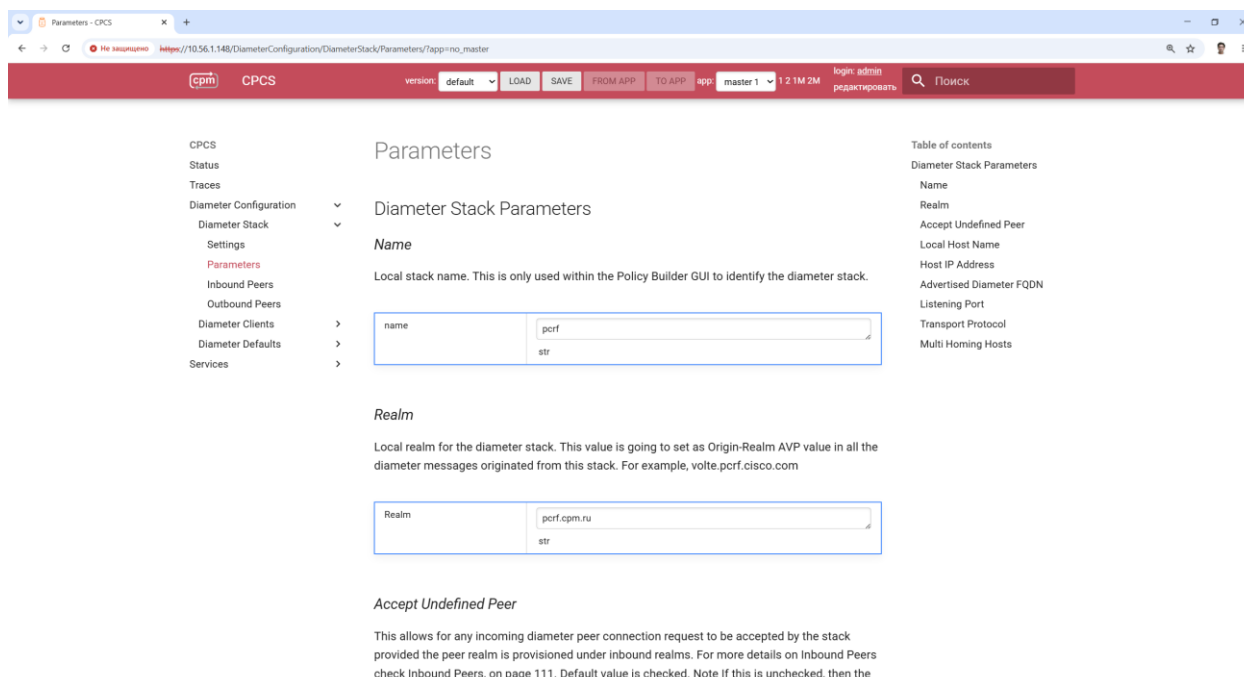


Рис. 18 параметры Diameter стека

4.1.2 Системные параметры

Конфигурирование системных параметров, таких как адреса, порты, интерфейсы, параметры баз данных, производится с использованием стандартных системных средств.

4.2 Мониторинг решения

Схема мониторинга решения на базе связки Prometheus – Grafana приведена на рисунке ниже:

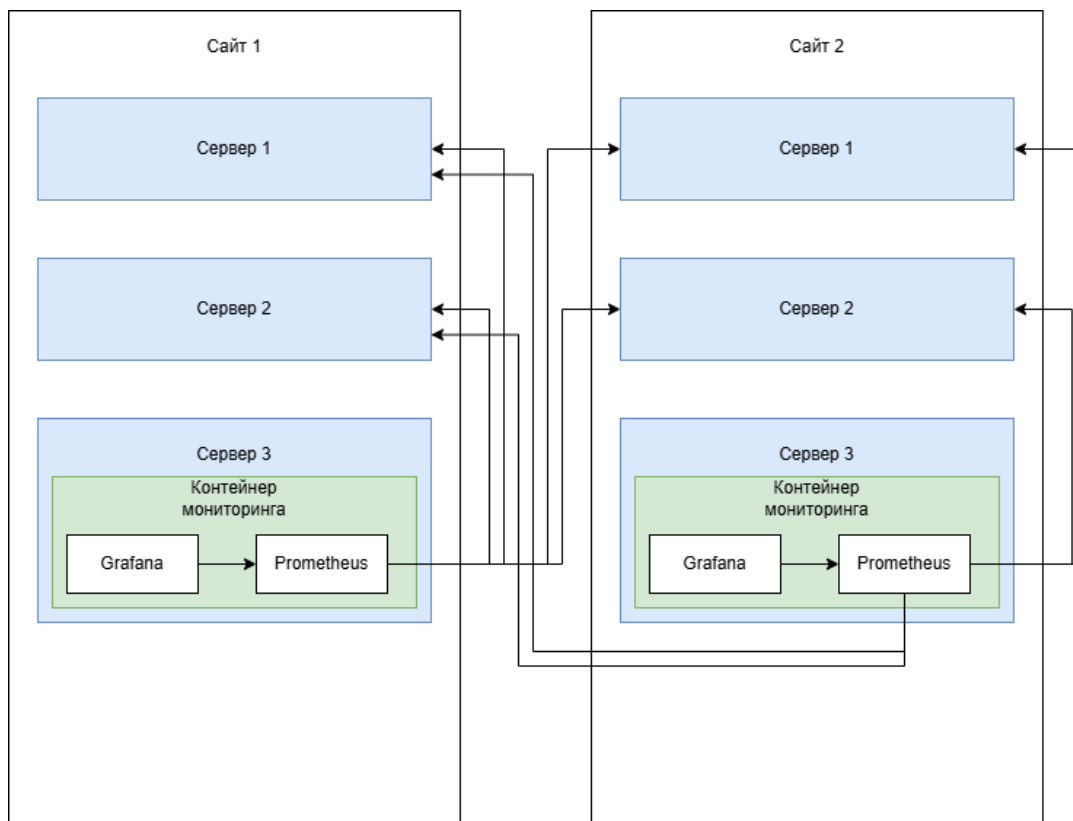


Рис. 19 Схема организации мониторинга

Для обеспечения резервирования на каждом сайте выделен отдельный контейнер с Prometheus/Grafana. Метрики со всех компонентов со всех сайтов независимо собираются на каждый Prometheus, каждая Grafana может визуализировать данные как с одного, так и с другого Prometheus коллектора.

4.3 Система логирования и диагностики

Система логирования и диагностики состоит из двух компонентов:

- Logman
- Logverifier

Master передает все diameter сообщения на компонент Logman (nfs mount). На Logman сжатые индексированные данные хранятся конфигурируемый период времени.

Logverifier обеспечивает:

- Анализ потока сообщений на соответствие заранее заданным сценариям, например, сценарию удаления Gx сессии со стороны PCRF. Проверяется наличие ожидаемых сообщений, задержка ответов и др. В результате предоставляется отчет по найденным нарушениям с возможностью просмотра текста сообщений, где найдены аномалии.
- Представление потока сообщений с заданными критериями фильтрации в виде сигнальной диаграммы с возможностью (по клику мыши) просмотра текста каждого сообщения. Например, диаграмму сигнального обмена Gx и Rx сообщений для конкретного абонента за выбранный период времени.

4.4 Развертывание системы

Развертывание/обновление системы автоматизировано средствами Proxmox VE, описание приводится в руководстве по установке системы .