Guia de Operações do OmniSGW

OmniSGW - Gateway de Serviço (SGW)

por Omnitouch Network Services

Índice

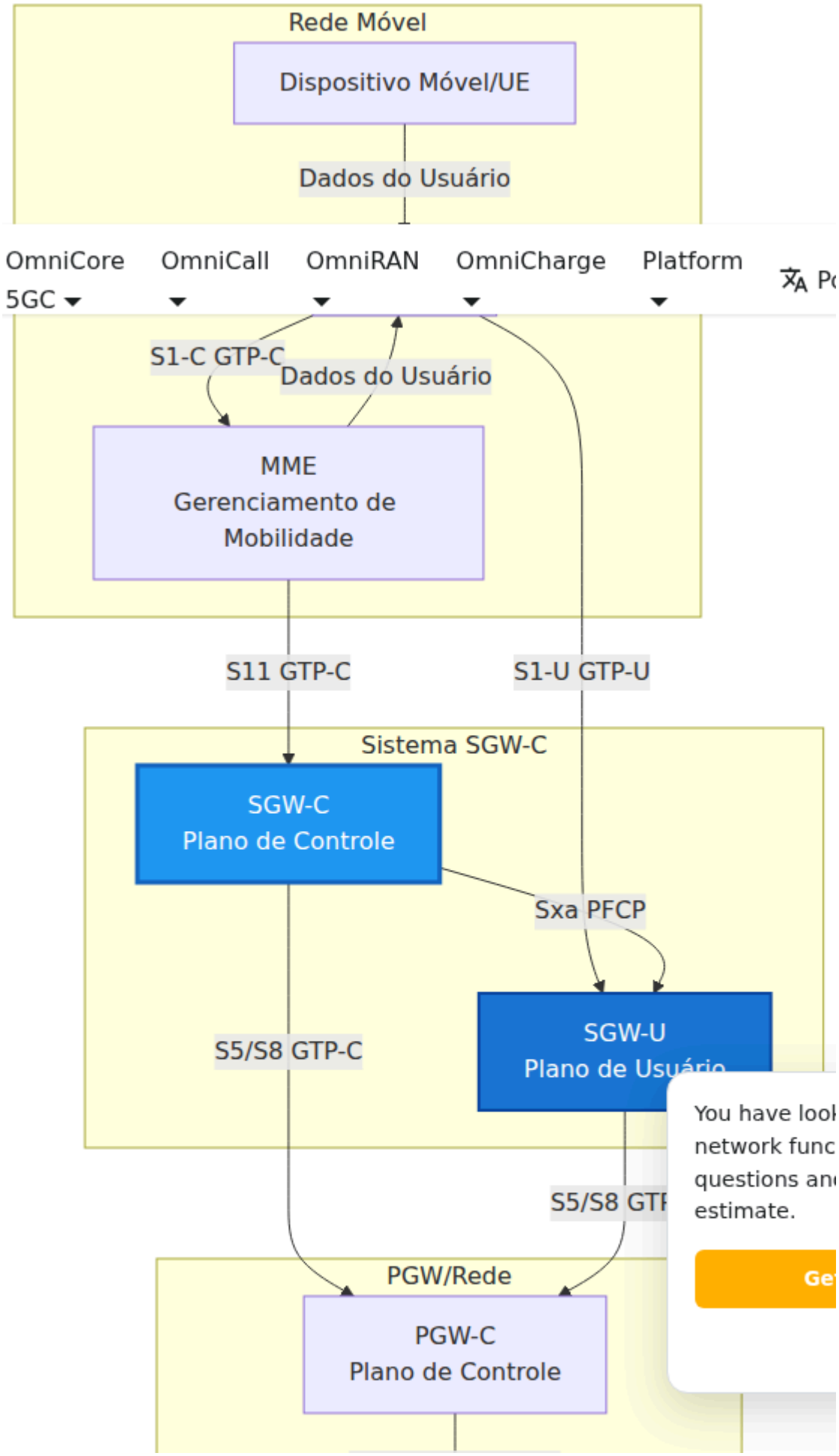
1. Visão Geral
2. Arquitetura
3. Interfaces de Rede
4. Conceitos Chave
5. Introdução
6. Configuração
7. Interface Web - Painel de Operações em Tempo Real
8. Monitoramento & Métricas
9. Documentação Detalhada
10. Recursos Adicionais

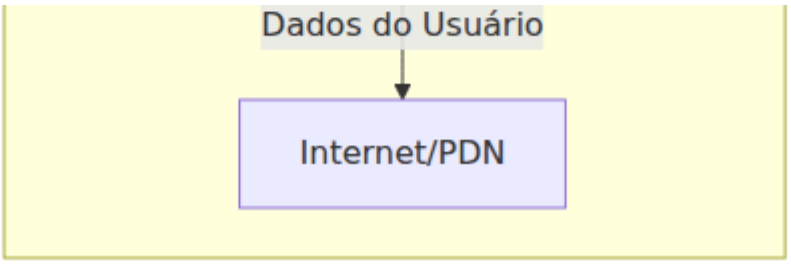
Visão Geral

OmniSGW é uma implementação de Gateway de Serviço (SGW) de alto desempenho para redes 3GPP LTE Evolved Packet Core (EPC), desenvolvida pela Omnitouch Network Services. Ele gerencia as funções de mobilidade de UE e gerenciamento de portadoras, incluindo:

- **Gerenciamento de Sessão** - Criar, modificar e encerrar sessões de dados de UE (Equipamento do Usuário)

- **Coordenação de Mobilidade** - Gerenciar transferências entre eNodeBs com encaminhamento de dados
- **Gerenciamento de Portadoras** - Criar e modificar portadoras dedicadas para diferentes requisitos de QoS
- **Informações de Cobrança** - Rastrear eventos de sessão para cobrança offline
- **Coordenação do Plano de Usuário** - Controlar o SGW-U (Plano de Usuário) para encaminhamento de pacotes


Rede Móvel
Dispositivo Móvel/UE
Dados do Usuário
OmniCore
5GC
OmniCall
OmniRAN
OmniCharge
Platform
S1-C GTP-C
Dados do Usuário
MME
Gerenciamento de
Mobilidade
S11 GTP-C
S1-U GTP-U
Sistema SGW-C
SGW-C
Plano de Controle
Sxa PFCP
SGW-U
Plano de Usuário
S5/S8 GTP-C
S5/S8 GTP
PGW/Rede
PGW-C
Plano de Controle



O que o SGW-C faz

- **Aceita solicitações de sessão** do MME via interface S11 (GTP-C)
- **Coordena com o PGW-C** para conectividade PDN via interface S5/S8 (GTP-C)
- **Gerencia o ciclo de vida da portadora** incluindo criação, modificação e exclusão
- **Programa regras de encaminhamento** no SGW-U via interface Sxa (PFCP)
- **Gerencia a mobilidade de UE** controlando transferências entre eNodeBs
- **Fornece paginação de dados de downlink** para sessões suspensas
- **Rastreia informações de cobrança** para sistemas de faturamento offline

---

Arquitetura

Visão Geral dos Componentes



Arquitetura do Processo

O SGW-C é construído sobre Elixir/OTP e utiliza uma arquitetura de processo supervisionada:

- **Supervisor de Aplicação** - Supervisor de nível superior que gerencia todos os componentes

- **Corretores de Protocolo** - Gerenciam mensagens de protocolo de entrada/saída (S11, S5/S8, Sxa)
- **Processos de Sessão** - Um GenServer por sessão ativa de UE
- **Registros** - Rastreiam recursos alocados (TEIDs, SEIDs, IDs de Cobrança, etc.)
- **Gerenciador de Nó PFCP** - Mantém associações PFCP com peers SGW-U

Cada componente é supervisionado e será reiniciado automaticamente em caso de falha, garantindo a confiabilidade do sistema.

Métricas de saúde do sistema em tempo real podem ser monitoradas através da página da Aplica��ão da Interface Web:

Interfaces de Rede

O SGW-C implementa três interfaces principais 3GPP:

Interface S11 (GTP-C v2)

Propósito: Sinalização de plano de controle entre MME e SGW-C

Protocolo: GTP-C Versão 2 sobre UDP

Mensagens Chave:

- Solicitação/Resposta de Criação de Sessão
- Solicitação/Resposta de Exclusão de Sessão
- Solicitação/Resposta de Modificação de Portadora
- Solicitação/Resposta de Criação de Portadora
- Solicitação/Resposta de Exclusão de Portadora
- Notificação/Acknowledgment de Dados de Downlink

Configuração: Veja Documentação da Interface S11

Interface Sxa (PFCP)

Propósito: Sinalização de plano de controle entre SGW-C e SGW-U

Protocolo: PFCP (Protocolo de Controle de Encaminhamento de Pacotes) sobre UDP

Mensagens Chave:

- Solicitação/Resposta de Configuração de Associação
- Solicitação/Resposta de Estabelecimento de Sessão
- Solicitação/Resposta de Modificação de Sessão
- Solicitação/Resposta de Exclusão de Sessão
- Solicitação/Resposta de Relatório de Sessão
- Solicitação/Resposta de Heartbeat

Configuração: Veja Documentação da Interface PFCP/Sxa

Interface S5/S8 (GTP-C v2)

Propósito: Sinalização de plano de controle entre SGW-C e PGW-C para conectividade PDN

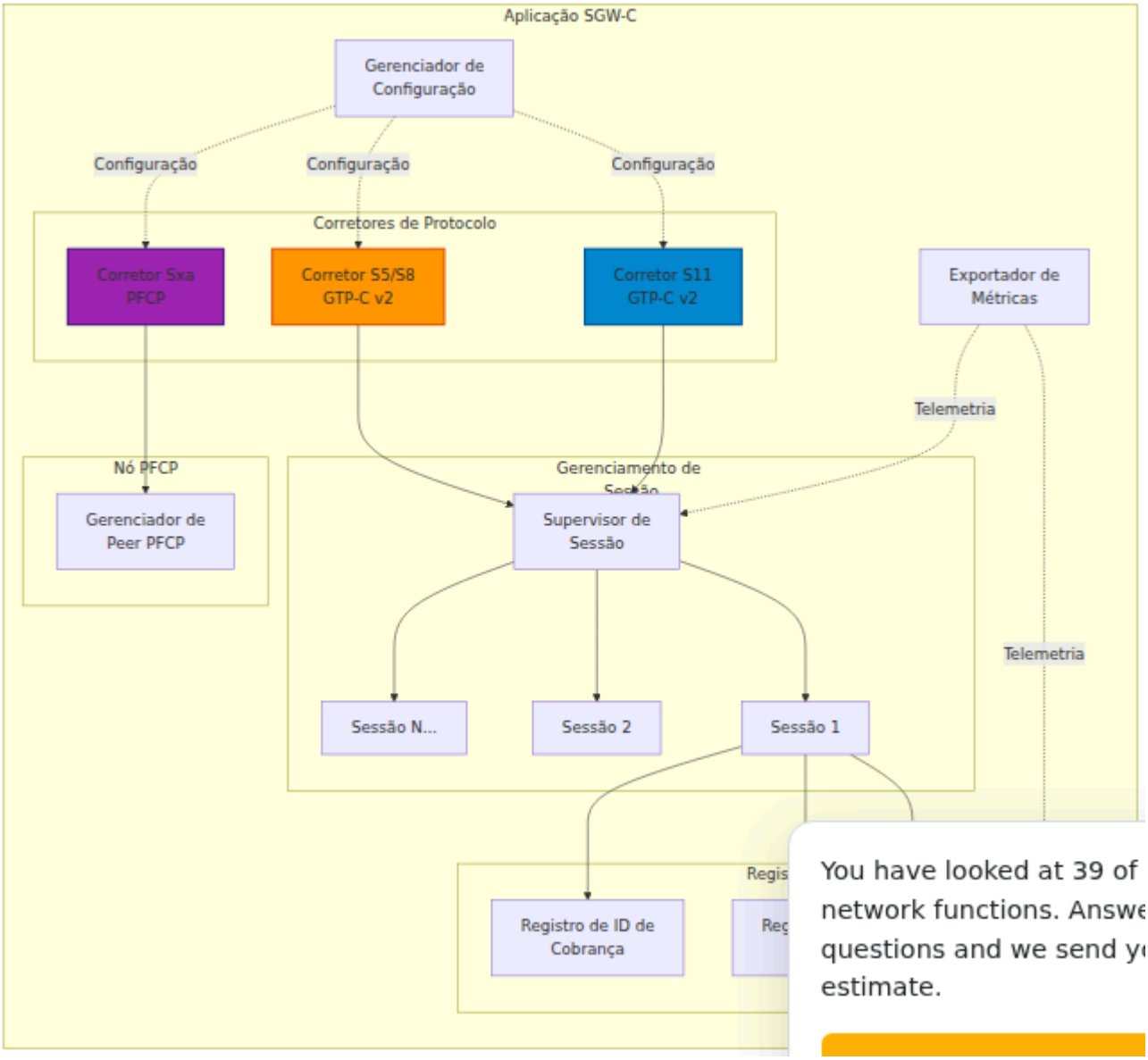
Protocolo: GTP-C Versão 2 sobre UDP

Mensagens Chave:

- Solicitação/Resposta de Criação de Sessão

- Solicitação/Resposta de Exclusão de Sessão
- Solicitação/Resposta de Modificação de Portadora
- Solicitação/Resposta de Criação de Portadora
- Solicitação/Resposta de Exclusão de Portadora

Configuração: Veja Documentação da Interface S5/S8



Conceitos Chave

Sessão de UE

Uma Sessão de UE representa um dispositivo móvel ativo conectado à rede. Cada sessão gerencia:

- **IMSI** (Identidade Internacional do Assinante Móvel) - Identificador único do assinante
- **GUTI** (Identificador Temporário Global Único) - Identificador temporário de UE do MME
- **MSISDN** - Número de telefone móvel
- **TAI** (Identificador da Área de Rastreamento) - Área de localização atual
- **TEIDs de Sessão** - Identificadores de ponto final de túnel para S11 e S5/S8
- **Portadoras Ativas** - Lista de portadoras de dados associadas

Conexão PDN

Uma Conexão PDN (Rede de Dados de Pacote) representa a conexão de dados de um UE através de um PGW-C específico. Cada sessão tem:

- **APN** (Nome do Ponto de Acesso) - Identifica a rede externa
- **ID de Cobrança** - Identificador único para faturamento entre SGW e PGW
- **TEID** (ID de Ponto Final de Túnel) - Identificador de túnel da interface S5/S8
- **SEID** (ID de Ponto Final de Sessão) - Identificador de sessão da interface Sxa
- **Portadora Padrão** - Criada com cada conexão PDN
- **Portadoras Dedicadas** - Portadoras adicionais para necessidades específicas de QoS

Contexto de Portadora

Uma portadora representa um fluxo de tráfego com características específicas de QoS:

- **Portadora Padrão** - Criada com cada conexão PDN para tráfego de melhor esforço
- **Portadoras Dedicadas** - Portadoras adicionais para requisitos de serviço específicos (voz, vídeo, etc.)
- **EBI** (ID de Portadora EPS) - Identificador único para cada portadora dentro de uma sessão
- **Parâmetros de QoS** - QCI (Identificador de Classe de QoS), ARP (Prioridade de Alocação e Retenção), taxas de bits (MBR, GBR)

Regras PFCP

O SGW-C programa o SGW-U com regras de processamento de pacotes:

- **PDR** (Regra de Detecção de Pacote) - Combina pacotes (uplink/downlink)
- **FAR** (Regra de Ação de Encaminhamento) - Especifica o comportamento de encaminhamento
- **QER** (Regra de Aplicação de QoS) - Impõe limites de taxa de bits
- **BAR** (Regra de Ação de Bufferização) - Controla a bufferização de pacotes durante transferências

Veja Documentação da Interface Sxa para detalhes.

Mobilidade & Transferência

O SGW-C suporta a mobilidade de UE entre eNodeBs:

- **Transferência Intra-MME** - Transferência dentro do mesmo MME (sem mudança de SGW)
- **Transferência Inter-MME** - Transferência entre MMEs com realocação de SGW
- **Encaminhamento de Dados** - Bufferização e encaminhamento de dados durante a transferência
- **Atualização da Área de Rastreamento** - Re-registro de UE ao se mover entre áreas

---

Introdução

Pré-requisitos

- Elixir ~1.16
- Erlang/OTP 26+
- Conectividade de rede com MME, SGW-U e PGW-C
- Compreensão da arquitetura EPC LTE

Verificando a Operação

Verifique os logs para inicialização bem-sucedida:

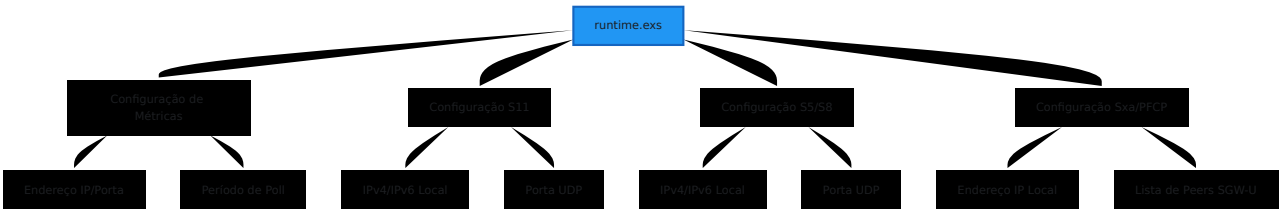
```
[info] Iniciando OmniSGW...
[info] Iniciando Exportador de Métricas em 127.0.0.40:42068
[info] Iniciando Corretor S11 em 127.0.0.10
[info] Iniciando Corretor S5/S8 em 127.0.0.15
[info] Iniciando Corretor Sxa em 127.0.0.20
[info] Iniciando Gerenciador de Nó PFCP
[info] OmniSGW iniciado com sucesso
```

Acesse as métricas em `http://127.0.0.40:42068/metrics` (endereço configurado).

Configuração

Toda a configuração em tempo de execução é definida em `config/runtime.exs`. A configuração é estruturada em várias seções:

Visão Geral da Configuração



Referência Rápida de Configuração

Seção	Propósito	Documentação
metrics	Exportador de métricas Prometheus	Guia de Monitoramento
s11	Interface GTP-C para MME	Configuração S11
s5s8	Interface GTP-C para PGW-C	Configura��ão S5/S8
sxa	Interface PFCP para SGW-U	Configuração Sxa

Veja o Guia Completo de Configuração para informações detalhadas.

Interface Web - Painel de Operações em Tempo Real

O OmniSGW inclui uma **Interface Web** integrada para monitoramento e operações em tempo real, fornecendo visibilidade instantânea sobre o status do sistema sem a necessidade de ferramentas de linha de comando ou consultas de métricas.

Acessando a Interface Web

```
http://<omnisgw-ip>:<web-port>/
```

Páginas Disponíveis:

Página	URL	Propósito	Taxa de Atualização
Sessões de UE	`/ue_sessions`	Ver todas as sessões e portadoras de UE ativas	2 segundos
Sessões PFCP	`/pfcp_sessions`	Ver sessões PFCP com SGW-U	2 segundos
Status SGW-U	`/sgwu_status`	Monitorar associações de peers PFCP	2 segundos
Logs	`/logs`	Streaming de logs em tempo real	Ao Vivo

Principais Recursos

Atualizações em Tempo Real:

- Todas as páginas se atualizam automaticamente (sem necessidade de recarregar manualmente)
- Streaming de dados ao vivo dos processos do OmniSGW
- Indicadores de status codificados por cores (verde/vermelho)

Busca & Filtro:

- Pesquisar sessões por IMSI, GUTI, número de telefone
- Filtragem instantânea sem recarregar a página

Detalhes Expansíveis:

- Clique em qualquer linha para ver detalhes completos da sessão
- Inspecione todas as portadoras ativas e parâmetros de QoS
- Veja a configuração e capacidades do peer

Sem Autenticação Necessária (Uso Interno):

- Acesso direto da rede de gerenciamento
- Projetado para uso da equipe de NOC/operações
- Vincule apenas ao IP de gerenciamento por segurança

Fluxos de Trabalho Operacionais

Solução de Problemas de Sessão:

```
1. O usuário relata problema de conectividade
2. Abra a página de Sessões de UE
3. Pesquise por IMSI ou número de telefone
4. Verifique se a sessão existe e possui:
   - Área de Rastreamento
   - Portadoras ativas e suas QoS
   - Pontos finais de túnel estabelecidos
   - Associação correta com PGW-C
5. Se nenhuma sessão encontrada → Verifique logs para razão de
rejeição
```

Verificação de Saúde do Sistema:

```
1. Abra a página de Status SGW-U → Verifique se todos os peers
SGW-U estão "Associados"
2. Abra Sessões de UE → Verifique a contagem de sessões ativas vs.
capacidade
3. Monitore a distribuição de portadoras entre APNs
```

Monitoramento de Capacidade:

- Dê uma olhada na contagem de Sessões de UE
- Compare com a capacidade licenciada/esperada
- Identifique horários de pico de uso
- Monitore a distribuição por tipo de serviço

Interface Web vs. Métricas

Use a Interface Web para:

- Detalhes individuais de sessão e portadora
- Status de peers em tempo real
- Verificações rápidas de saúde
- Solução de problemas de usuários específicos
- Verificação de configuração

Use Métricas Prometheus para:

- Tendências históricas
- Alertas e notificações
- Gráficos de planejamento de capacidade
- Análise de desempenho
- Monitoramento a longo prazo

Melhor Prática: Use ambos juntos - Interface Web para operações imediatas, Prometheus para tendências e alertas.

Monitoramento & Métricas

Além da Interface Web, o OmniSGW expõe métricas compatíveis com Prometheus para monitoramento:

Métricas Disponíveis

- **Métricas de Sessão**
  - `teid_registry_count` - TEIDs S11/S5S8 ativos
  - `seid_registry_count` - Sessões PFCP ativas
  - `charging_id_registry_count` - IDs de cobrança ativos
  - `active_ue_sessions` - Total de sessões de UE ativas
  - `active_bearers` - Total de portadoras ativas em todas as sessões

- **Métricas de Mensagens**
  - `s11_inbound_messages_total` - Mensagens GTP-C recebidas no S11
  - `s5s8_inbound_messages_total` - Mensagens GTP-C recebidas no S5/S8
  - `sxa_inbound_messages_total` - Mensagens PFCP recebidas
  - Distribuições de duração de manuseio de mensagens
- **Métricas de Erro**
  - `s11_inbound_errors_total` - Erros de protocolo S11
  - `s5s8_inbound_errors_total` - Erros de protocolo S5/S8
  - `sxa_inbound_errors_total` - Erros de protocolo Sxa

Acessando Métricas

As métricas são expostas via HTTP no endpoint configurado:

```
curl http://127.0.0.40:42068/metrics
```

Veja Guia de Monitoramento & Métricas para configuração de painel e alertas.

Documentação Detalhada

Esta seção fornece uma visão abrangente de toda a documentação do OmniSGW. Os documentos estão organizados por tópico e caso de uso.

Estrutura da Documentação

```
Documentação OmniSGW
├── OPERATIONS.md (Este Guia)
│
└── docs/
    ├── Configuração & Setup
    │   ├── configuration.md          Referência completa do
runtime.exs
    │
    ├── Interfaces de Rede
    │   ├── sxa-interface.md          Sxa/PFCP (comunicação SGW-U)
    │   ├── s11-interface.md          S11 (comunicação MME)
    │   └── s5s8-interface.md         S5/S8 (comunicação PGW-C)
    │
    └── Operações
        ├── session-management.md     Ciclo de vida da sessão UE
        ├── bearer-management.md      Operações de portadora
        ├── cdr-format.md             Formatos de registros de
cobrança offline
        └── monitoring.md             Métricas Prometheus &
alertas
```

Documentação por Tópico

Introdução

Documento	Descrição	Propósito
OPERATIONS.md	Guia principal de operações (este documento)	Visão geral e início rápido

⚙ Configuração

Documento	Descrição
configuration.md	Referência completa da configuração runtime.exs

🔌 Interfaces de Rede

Documento	Descrição
sxa-interface.md	Interface PFCP/Sxa para SGW-U
s11-interface.md	Interface GTP-C S11 para MME
s5s8-interface.md	Interface GTP-C S5/S8 para PGW-C

🔧 Operações & Monitoramento

Documento	Descrição
session-management.md	Ciclo de vida e operações da sessão UE
session-management.md	Criação, modificação, exclusão de portadoras
cdr-format.md	Formato de dados de cobrança offline
monitoring.md	Métricas Prometheus, painéis Grafana, alertas

Caminhos de Leitura

Para Operadores de Rede

1. OPERATIONS.md - Visão geral (este documento)
2. configuration.md - Configuração
3. monitoring.md - Monitoramento
4. session-management.md - Operações do dia a dia

Para Engenheiros de Rede

1. OPERATIONS.md - Visão geral da arquitetura (este documento)

2. sxa-interface.md - Controle do plano de usuário
3. s11-interface.md - Gerenciamento móvel
4. s5s8-interface.md - Conectividade PDN
5. session-management.md - Ciclo de vida da sessão
6. session-management.md - Operações de portadora

Para Configuração & Implantação

1. configuration.md - Referência completa
2. monitoring.md - Configurar monitoramento

Recursos Adicionais

Especificações 3GPP

Especificação	Título
TS 29.274	GTP-C v2 (interfaces S11 e S5/S8)
TS 29.244	PFCP (interface Sxa)
TS 32.251	Cobrança de domínio de Pacote
TS 32.298	Codificação de CDR
TS 23.401	Arquitetura EPC

Formato do Registro de Dados de Cobrança (CDR)

Cobrança Offline para SGW-C

OmniSGW da Omnitouch Network Services

Índice

1. Visão Geral
2. Formato do Arquivo CDR
3. Campos do CDR
4. Eventos do CDR
5. Estrutura do Arquivo
6. Configuração
7. Fluxo de Geração do CDR
8. Detalhes dos Campos
9. Exemplos
10. Integração

Visão Geral

O formato **CDR de Dados (Registro de Dados de Cobrança)** fornece capacidades de cobrança offline para o Plano de Controle do Gateway de Serviço (SGW-C). Os CDRs são gerados para registrar eventos de sessão de portadora, uso de dados e informações do assinante para fins de faturamento e análise.

Este formato comum é compatível com os CDRs do PGW-C, garantindo consistência nos registros de cobrança em toda a infraestrutura EPC.

Principais Recursos

- **Formato baseado em CSV** - Valores separados por vírgula simples e legíveis por humanos
- **Gravação baseada em eventos** - Captura eventos de início, atualização e término da portadora
- **Medição de volume** - Registra o uso de dados de uplink e downlink
- **Rotação automática** - Rotação de arquivos configurável com base em intervalos de tempo
- **Conformidade com 3GPP** - Segue 3GPP TS 32.251 (cobrança do domínio PS) e TS 32.298 (codificação do CDR)

Casos de Uso

Caso de Uso	Descrição
Cobrança Offline	Gerar CDRs para faturamento pós-pago
Análise	Analisar padrões de uso dos assinantes
Rastro de Auditoria	Rastrear todos os eventos de sessão da portadora
Planejamento de Capacidade	Monitorar a utilização de recursos da rede
Solução de Problemas	Depurar problemas de sessão e portadora

Formato do Arquivo CDR

Convenção de Nomenclatura de Arquivo

```
<epoch_timestamp>
```

Exemplo:

```
1726598022
```

O nome do arquivo é o timestamp Unix epoch (em segundos) de quando o arquivo foi criado.

Localização do Arquivo

Diretório padrão:

- SGW-C: `/var/log/sgw_c/cdrs/`

Configurável via parâmetro `directory` na configuração do reporter de CDR.

Cabeçalho do Arquivo

Cada arquivo CDR começa com um cabeçalho de várias linhas contendo metadados:

```
# Arquivo CDR de Dados:
# Hora de Início do Arquivo: HH:MM:SS (unix_timestamp)
# Hora de Fim do Arquivo: HH:MM:SS (unix_timestamp)
# Nome do Gateway: <gateway_name>
#
epoch,imsi,event,charging_id,msisdn,ue_imei,timezone_raw,plmn,tac,eci
```

Campos do Cabeçalho:

- **Hora de Início do Arquivo** - Quando o arquivo CDR foi criado (legível por humanos e timestamp Unix)
- **Hora de Fim do Arquivo** - Quando a rotação do arquivo ocorrerá (legível por humanos e timestamp Unix)
- **Nome do Gateway** - Identificador para a instância SGW-C
- **Cabeçalhos de Coluna** - Nomes de campos CSV para os registros de dados

---

Campos do CDR

Resumo dos Campos

Posição	Nome do Campo	Tipo	Descrição
0	epoch	integer	Timestamp do evento (segundos epoch Unix)
1	imsi	string	Identidade Internacional do Assinante Móvel
2	event	string	Tipo de evento CDR (por exemplo, "default_bearer_start")
3	charging_id	integer	Identificador único de cobrança para a portadora
4	msisdn	string	Número ISDN da Estação Móvel (número de telefone)
5	ue_imei	string	Identidade Internacional do Equipamento Móvel
6	timezone_raw	string	Fuso horário do UE (reservado, atualmente vazio)
7	plmn	integer	Identificador da Rede Móvel Pública
8	tac	integer	Código da Área de Rastreamento
9	eci	integer	Identificador da Célula E-UTRAN
10	sgw_ip	string	Endereço IP do plano de controle S5/S8 do SGW-C

Posição	Nome do Campo	Tipo	Descrição
11	ue_ip	string	Endereço IP do UE (formato IPv4
12	pgw_ip	string	Endereço IP do plano de controle S5/S8 do PGW-C
13	apn	string	Nome do Ponto de Acesso
14	qci	integer	Identificador da Classe de QoS
15	octets_in	integer	Volume de dados de downlink (bytes)
16	octets_out	integer	Volume de dados de uplink (bytes)

Eventos do CDR

Tipos de Evento

CDRs são gerados para três tipos de eventos:

Tipo de Evento	Formato	Descrição	Quando Gera
Início da Portadora	`<type>_bearer_start`	Estabelecimento da portadora	Resposta de Cria de Sessão envia
Atualização da Portadora	`<type>_bearer_update`	Relatório de uso durante a sessão	Relatórios de us periódicos do pl de usuário
Término da Portadora	`<type>_bearer_end`	Término da portadora	Solicitação/Resp de Exclusão de Sessão

Tipos de Portadora:

- `default` - Portadora padrão (uma por conexão PDN)
- `dedicated` - Portadora dedicada (zero ou mais por conexão PDN)

Exemplos de Evento

```
default_bearer_start      - Portadora padrão estabelecida
default_bearer_update     - Atualização de uso da portadora padrão
default_bearer_end        - Portadora padrão terminada
dedicated_bearer_start    - Portadora dedicada estabelecida
dedicated_bearer_update   - Atualização de uso da portadora
dedicada
dedicated_bearer_end      - Portadora dedicada terminada
```

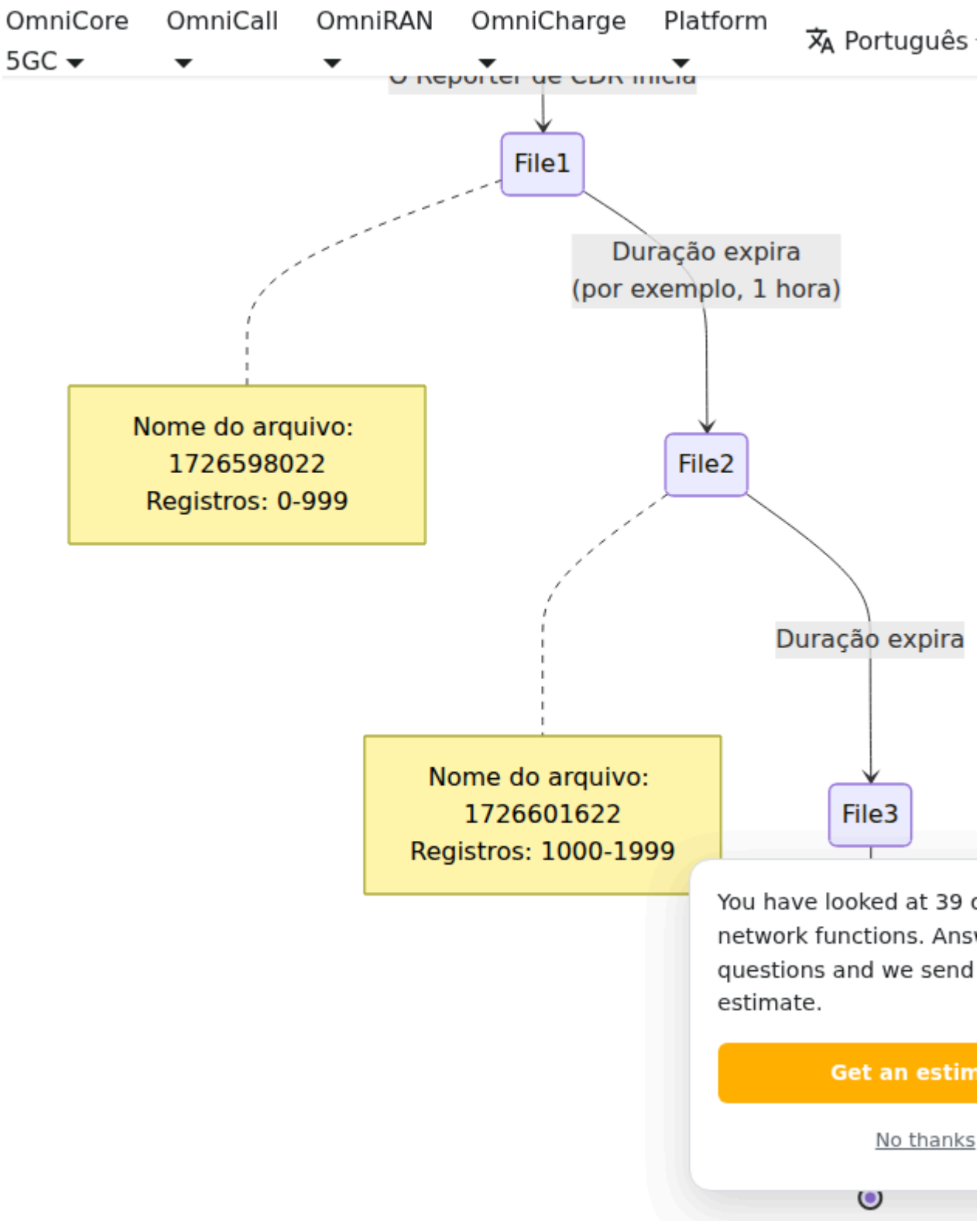
Estrutura do Arquivo

Exemplo de Arquivo CDR

```
# Arquivo CDR de Dados:
# Hora de Início do Arquivo: 18:53:42 (1726598022)
# Hora de Fim do Arquivo: 19:53:42 (1726601622)
# Nome do Gateway: sgw-c-prod-01
# epoch,imsi,event,charging_id,msisdn,ue_imei,timezone_raw,plmn,tac,e
1726598022,310260123456789,default_bearer_start,12345,15551234567,123
1726598322,310260123456789,default_bearer_update,12345,15551234567,12
1726598622,310260123456789,default_bearer_update,12345,15551234567,12
1726598922,310260123456789,default_bearer_end,12345,15551234567,12345
```

Rotação de Arquivo

Os arquivos CDR são automaticamente rotacionados com base na duração configurada:



Processo de Rotação:

1. Fechar o arquivo CDR atual
2. Criar um novo arquivo com o timestamp atual
3. Escrever o cabeçalho no novo arquivo
4. Continuar gravando CDRs no novo arquivo

Configuração

Parâmetros de Configuração

Parâmetro	Tipo	Descrição	Padrão	Recomendado
`gateway_name`	string	Identificador da instância SGW-C	-	Usar hostname ou ID da instância
`duration`	integer	Intervalo de rotação do arquivo (ms)	-	3600000 (1 hora)
`directory`	string	Caminho do diretório de saída do CDR	-	`/var/log/sgw_c/cdrs`

Exemplos de Configuração

Produção:

- **gateway_name:** "sgw-c-prod-01"
- **duration:** 3.600.000 ms (rotação de 1 hora)
- **directory:** "/var/log/sgw_c/cdrs"

Desenvolvimento:

- **gateway_name:** "sgw-c-dev"
- **duration:** 300.000 ms (rotação de 5 minutos para testes)
- **directory:** "/tmp/sgw_c_cdrs"

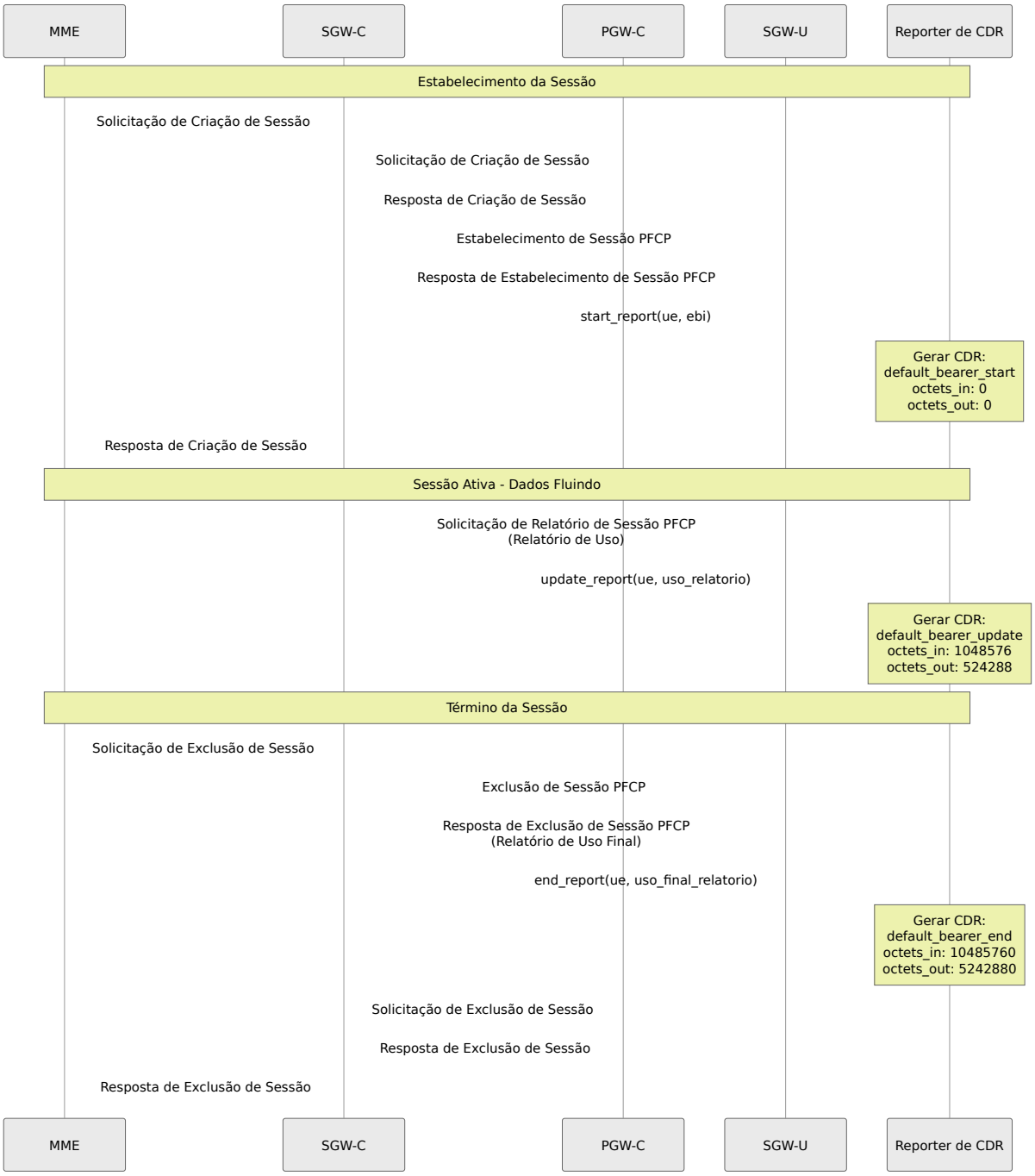
Alto Volume:

- **gateway_name:** "sgw-c-prod-heavy"
- **duration:** 1.800.000 ms (rotação de 30 minutos)
- **directory:** "/mnt/fast-storage/cdrs"

Fluxo de Geração do CDR

Eventos do Ciclo de Vida da Portadora CDR

Geração de CDR do SGW-C:



Eventos de Geração do CDR

1. Início da Portadora:

- **Quando:** Resposta de Criação de Sessão é enviada
- **Propósito:** Registra o estabelecimento da portadora com uso zero
- **octets_in:** 0
- **octets_out:** 0

2. Atualização da Portadora:

- **Quando:** Solicitação de Relatório de Sessão PFCP recebida do plano de usuário
- **Propósito:** Registra o uso de dados incremental
- **octets_in:** Bytes de downlink acumulados desde o início da portadora
- **octets_out:** Bytes de uplink acumulados desde o início da portadora

3. Término da Portadora:

- **Quando:** Resposta de Exclusão de Sessão PFCP recebida (com uso final)
- **Propósito:** Registra o uso final de dados antes do término da sessão
- **octets_in:** Total final de bytes de downlink
- **octets_out:** Total final de bytes de uplink

Detalhes dos Campos

1. epoch (Timestamp)

Tipo: Timestamp Unix epoch (segundos)

Descrição: O tempo em que o evento CDR ocorreu

Exemplo:

```
1726598022  → 2025-09-17 18:53:42 UTC
```

---

2. imsi (Identidade do Assinante)

Tipo: String (até 15 dígitos)

Formato: MCCMNC + MSIN

Descrição: Identidade Internacional do Assinante Móvel que identifica exclusivamente o assinante

Exemplo:

```
310260123456789
  └──┘ └──┘ └─────────┘
   MCC  MNC     MSIN
   (310)(260) (123456789)
```

Fonte: Contexto do UE, recebido na Solicitação de Criação de Sessão

---

3. event (Tipo de Evento CDR)

Tipo: String

Formato: `<bearer_type>_bearer_<event>`

Valores:

- `default_bearer_start`
- `default_bearer_update`
- `default_bearer_end`
- `dedicated_bearer_start`
- `dedicated_bearer_update`
- `dedicated_bearer_end`

Determinação:

- Se EBI (EPS Bearer ID) é igual a LBI (Linked Bearer ID): `default`
- Se EBI não é igual a LBI: `dedicated`

Fonte: Contexto da portadora (comparação EBI vs LBI)

---

4. charging_id (Identificador de Cobrança)

Tipo: Inteiro não assinado de 32 bits

Descrição: Identificador único para correlaç��o de cobrança entre elementos da rede

Exemplo:

```
12345
```

Fonte: Atribuído pelo PGW-C, recebido na Resposta de Criação de Sessão

Uso:

- Correlaciona eventos de cobrança entre SGW e PGW
- Usado nas interfaces de cobrança Diameter Gy/Gz
- Único por portadora

---

5. msisdn (Número de Telefone)

Tipo: String (formato E.164)

Descrição: Número ISDN da Estação Móvel (número de telefone do assinante)

Formato: Código do país + número nacional

Exemplo:

```
15551234567
 └┘└─────┘
  CC  Nacional
  (1) (5551234567)
```

Fonte: Contexto do UE, tipicamente do HSS via MME

---

6. ue_imei (Identidade do Equipamento)

Tipo: String (15 dígitos)

Formato: TAC (8) + SNR (6) + Spare (1)

Descrição: Identidade Internacional do Equipamento Móvel (identificador do dispositivo)

Exemplo:

```
123456789012345
└──────┘└────┘└
   TAC   SNR S
```

Fonte: Contexto do UE, recebido do MME

---

7. timezone_raw (Fuso Horário do UE)

Tipo: String (atualmente reservado/vazio)

Descrição: Campo reservado para informações de fuso horário do UE

Status Atual: Não populado (campo vazio no CSV)

Uso Futuro: Pode incluir deslocamento de fuso horário e sinalizador de horário de verão

Exemplo:

```
,  (campo vazio)
```

---

8. plmn (Identificador da Rede)

Tipo: Inteiro (formato legado)

Descrição: Identificador da Rede Móvel Pública codificado como hex little-endian

Processo de Codificação:

```
MCC: 505, MNC: 57
  ↓
"50557"
  ↓
Trocar pares: "055570"
  ↓
Hex para decimal: 0x055570 = 349552
```

Exemplo:

```
349552  → MCC: 505, MNC: 57
```

Fonte: Informações de localização do UE do MME

Nota: Este é um formato de codificação legado para compatibilidade retroativa

---

9. tac (Código da Área de Rastreamento)

Tipo: Inteiro não assinado de 16 bits

Descrição: O Código da Área de Rastreamento identifica a área de rastreamento onde o UE está localizado

Intervalo: 0 - 65535

Exemplo:

```
1234
```

Fonte: Informações de localização do UE, recebidas do MME na Solicitação de Criação de Sessão

Uso:

- Identifica a área de gerenciamento de mobilidade
- Usado para paginação e atualizações de localização
- Parte do TAI (Identidade da Área de Rastreamento)

---

10. eci (Identificador da Célula E-UTRAN)

Tipo: Inteiro não assinado de 28 bits

Descrição: O Identificador da Célula E-UTRAN identifica exclusivamente a célula que atende o UE

Formato: ID do eNodeB (20 bits) + ID da Célula (8 bits)

Intervalo: 0 - 268.435.455

Exemplo:

```
5678
```

Fonte: Informações de localização do UE do MME

Uso:

- Identifica a torre de celular e setor específicos
- Usado para transferência e gerenciamento de mobilidade
- Informações de localização granulares

---

11. sgw_ip (IP do Plano de Controle do SGW)

Tipo: String (endereço IPv4 ou IPv6)

Descrição: Endereço IP do plano de controle S5/S8 do SGW-C (F-TEID)

Formato: Decimal pontuado (IPv4) ou hex com dois pontos (IPv6)

Exemplo:

```
10.0.0.15       (IPv4)
2001:db8::15    (IPv6)
```

Fonte: Configuração local, atribuída à interface S5/S8

---

12. ue_ip (Endereço IP do UE)

Tipo: String (formato IPv4|IPv6)

Descrição: Endereço IP atribuído ao UE para a conexão PDN

Formato: `<ipv4>|<ipv6>`

Exemplos:

```
172.16.1.100|                       (somente IPv4)
|2001:db8::1                        (somente IPv6)
172.16.1.100|2001:db8::1          (Dual-stack)
```

Fonte: Alocação de Endereço PDN (PAA) do PGW-C

Notas:

- IPv4 vazio: Nenhum endereço IPv4 alocado
- IPv6 vazio: Nenhum endereço IPv6 alocado
- Ambos presentes: Conexão PDN dual-stack

---

13. pgw_ip (IP do Plano de Controle do PGW)

Tipo: String (endereço IPv4 ou IPv6)

Descrição: Endereço IP do plano de controle S5/S8 do PGW-C (F-TEID remoto)

Formato: Decimal pontuado (IPv4) ou hex com dois pontos (IPv6)

Exemplo:

```
10.0.0.20       (IPv4)
2001:db8::20    (IPv6)
```

Fonte: Recebido na Resposta de Criação de Sessão do PGW-C

---

14. apn (Nome do Ponto de Acesso)

Tipo: String (até 100 caracteres)

Descrição: Nome do Ponto de Acesso identificando a rede externa (PDN)

Formato: Formato de rótulo semelhante ao DNS

Exemplos:

```
internet
ims
mms
enterprise.corporate
```

Fonte: Recebido na Solicitação de Criação de Sessão do MME

Uso:

- Determina a qual rede externa se conectar
- Impulsiona políticas e regras de cobrança
- Pode determinar o pool de endereços IP

---

15. qci (Identificador da Classe de QoS)

Tipo: Inteiro não assinado de 8 bits

Descrição: O Identificador da Classe de QoS define a qualidade de serviço da portadora

Intervalo: 1 - 9 (padronizado), 128-254 (específico do operador)

Valores QCI Padronizados:

QCI	Tipo de Recurso	Prioridade	Atraso de Pacote	Perda de Pacote	Serviço de Exemplo
1	GBR	2	100 ms	10^-2	Voz Conversacional
2	GBR	4	150 ms	10^-3	Vídeo Conversacional
3	GBR	3	50 ms	10^-3	Jogos em Tempo Real
4	GBR	5	300 ms	10^-6	Vídeo Não Conversacional
5	Non-GBR	1	100 ms	10^-6	Sinalização IMS
6	Non-GBR	6	300 ms	10^-6	Vídeo (bufferizado)
7	Non-GBR	7	100 ms	10^-3	Voz, Vídeo, Jogos
8	Non-GBR	8	300 ms	10^-6	Vídeo (bufferizado)
9	Non-GBR	9	300 ms	10^-6	Portadora Padrão

Exemplo:

```
9  → Portadora padrão (esforço máximo)
```

Fonte: Parâmetros de QoS da portadora do PGW-C

---

16. octets_in (Volume de Downlink)

Tipo: Inteiro não assinado de 64 bits

Descrição: Número de bytes transmitidos na direção de downlink (rede → UE)

Unidades: Bytes

Exemplo:

```
1048576  → 1 MB de downlink
```

Fonte: Medição de Volume PFCP do SGW-U

Notas:

- Acumulativo para eventos `update`
- Total final para eventos `end`
- Sempre 0 para eventos `start`

---

17. octets_out (Volume de Uplink)

Tipo: Inteiro não assinado de 64 bits

Descrição: Número de bytes transmitidos na direção de uplink (UE → rede)

Unidades: Bytes

Exemplo:

```
524288  → 512 KB de uplink
```

Fonte: Medição de Volume PFCP do SGW-U

Notas:

- Acumulativo para eventos `update`
- Total final para eventos `end`
- Sempre 0 para eventos `start`

Exemplos

Exemplo 1: Sessão Básica com Atualização Única

Linha do Tempo:

1. Portadora estabelecida
2. 5 minutos depois: Atualização de uso (10 MB down, 5 MB up)
3. Sessão terminada

Saída do CDR:

```
# Arquivo CDR de Dados:
# Hora de Início do Arquivo: 10:00:00 (1726570800)
# Hora de Fim do Arquivo: 11:00:00 (1726574400)
# Nome do Gateway: sgw-c-01
# epoch,imsi,event,charging_id,msisdn,ue_imei,timezone_raw,plmn,tac,e
1726570800,310260111111111,default_bearer_start,10001,15551111111,111
1726571100,310260111111111,default_bearer_update,10001,15551111111,11
1726571400,310260111111111,default_bearer_end,10001,15551111111,11111
```

Exemplo 2: Sessão Dual-Stack com Múltiplas Atualizações

Linha do Tempo:

1. Portadora dual-stack estabelecida (IPv4 + IPv6)

2. Múltiplas atualizações de uso
3. Sessão terminada

Saída do CDR:

```
1726570800,310260222222222,default_bearer_start,10002,15552222222,222
1726571100,310260222222222,default_bearer_update,10002,15552222222,22
1726571400,310260222222222,default_bearer_update,10002,15552222222,22
1726571700,310260222222222,default_bearer_update,10002,15552222222,22
1726572000,310260222222222,default_bearer_end,10002,15552222222,22222
```

Exemplo 3: Sessão com Portadora Dedicada

Linha do Tempo:

1. Portadora padrão estabelecida (QCI 9)
2. Portadora dedicada criada para vídeo (QCI 6)
3. Atualizações de uso para ambas as portadoras
4. Portadora dedicada excluída
5. Portadora padrão terminada

Saída do CDR:

```
1726570800,310260333333333,default_bearer_start,10003,15553333333,333
1726571100,310260333333333,dedicated_bearer_start,10004,15553333333,3
1726571400,310260333333333,default_bearer_update,10003,15553333333,33
1726571400,310260333333333,dedicated_bearer_update,10004,15553333333,
1726571700,310260333333333,dedicated_bearer_end,10004,15553333333,333
1726572000,310260333333333,default_bearer_end,10003,15553333333,33333
```

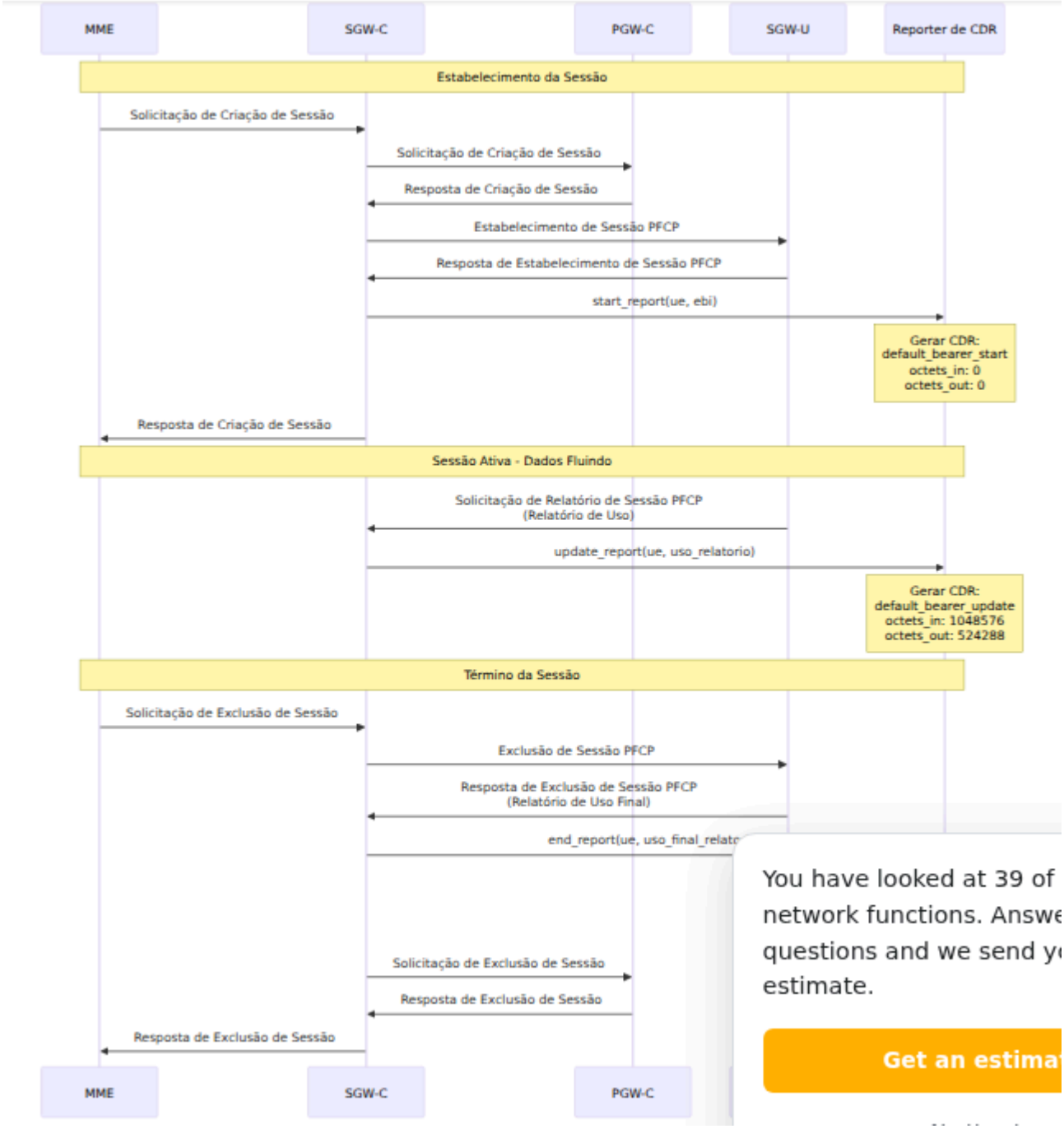
Análise:

- A portadora padrão (10003) transporta tráfego de fundo (10 MB down, 4 MB up)
- A portadora dedicada (10004) transporta tráfego de vídeo (200 MB down, 2 MB up)

- Diferentes valores de QCI (9 vs 6) refletem diferentes tratamentos de QoS

Integração

Pipeline de Processamento de CDR



Métodos de Coleta de CDR

1. Coleta Baseada em Arquivo:

```
# Monitorar diretório CDR (SGW-C)
inotifywait -m /var/log/sgw_c/cdrs/ -e close_write | while read
path action file; do
    # Rotação de arquivo concluída, processar CDR
    process_cdr "$path$file"
done
```

2. Streaming em Tempo Real:

```
# Monitorar e transmitir para o pipeline de processamento
tail -F /var/log/sgw_c/cdrs/* | process_cdr_stream
```

Documentação Relacionada

- Gerenciamento de Sessão - Ciclo de vida da sessão
- Interface Sxa - Relatório de uso do SGW-U
- Guia de Monitoramento - Métricas e alertas

Referências 3GPP

- TS 32.251 - Cobrança do domínio Pacote (PS)
- TS 29.274 - Sistema de Pacote Evoluído (EPS) da 3GPP; protocolo GTP-C
- TS 29.244 - Interface entre nós CP e UP (PFCP)
- TS 32.298 - Codificação do CDR

Formato do CDR - *Registros de Cobrança Offline para SGW-C*

Desenvolvido pela Omnitouch Network Services

Versão da Documentação: 1.0 **Última Atualização:** 2025-12-10

Guia de Configuração do SGW-C

Referência completa do runtime.exs

OmniSGW da Omnitouch Network Services

Índice

1. Visão Geral
2. Estrutura de Configuração
3. Configuração de Métricas
4. Configuração da Interface S11
5. Configuração da Interface S5/S8
6. Configuração da Interface Sxa
7. Configuração de CDR
8. Exemplos de Implantação

Visão Geral

Toda a configuração de runtime do OmniSGW é gerenciada através de `config/runtime.exs`. Este arquivo é carregado na inicialização e controla:

- Vinculações de interface de rede e portas
- Conectividade entre pares (MME, PGW-C, SGW-U)
- Métricas e monitoramento
- Geração de CDR
- Parâmetros operacionais

A configuração NÃO é compilada no binário - as alterações em `runtime.exs` entram em vigor na reinicialização sem recompilação.

Visualize a configuração de runtime atual através da página de Configuração da UI Web:

Estrutura de Configuração

Estrutura Básica

```
# config/runtime.exs
import Config

config :sgw_c,
  metrics: %{ ... },
  s11: %{ ... },
  s5s8: %{ ... },
  sxa: %{ ... },
  cdr: %{ ... }
```

Configuração de Métricas

Configuração Básica

```
config :sgw_c,
  metrics: %{
    # Endereço HTTP de vinculação do exportador de métricas
    metrics_bind_address: "127.0.0.40",
    metrics_port: 42068,

    # Intervalo de polling de métricas (milissegundos)
    poll_interval_ms: 10000
  }
```

Configuração de Produção

```
config :sgw_c,
  metrics: %{
    # Vincular à interface de rede de gerenciamento (não pública)
    metrics_bind_address: System.get_env("MGT_IP") || "10.0.0.40",
    metrics_port: 42068,

    # Poll com frequência para dashboards responsivos
    poll_interval_ms: 5000
  }
```

Acessando Métricas

```
# Exportar métricas no formato Prometheus
curl http://10.0.0.40:42068/metrics

# Métricas comuns:
# - teid_registry_count: TEIDs S11/S5S8 ativos
# - seid_registry_count: Sessões PFCP ativas
# - s11_inbound_messages_total: Contagem de mensagens S11
# - sxa_inbound_messages_total: Contagem de mensagens Sxa
```

Para referência detalhada de métricas, dashboards do Prometheus e configuração de alertas, veja o Guia de Monitoramento e Métricas.

Configuração da Interface S11

Configuração Básica

```
config :sgw_c,
  s11: %{
    # Endereço IPv4 local para S11 (interface MME)
    local_ipv4_address: "10.0.0.10",

    # Opcional: Endereço IPv6 local (para dual-stack)
    local_ipv6_address: nil,

    # Opcional: Substituir porta padrão
    local_port: 2123,

    # Tempo limite de mensagem (milissegundos)
    message_timeout_ms: 5000,

    # Configuração de tentativas
    max_retries: 3,
    retry_backoff_ms: 1000
  }
```

Seleção de Interface de Rede

```
# Interface única (recomendado)
config :sgw_c,
  s11: %{
    local_ipv4_address: "10.0.0.10"  # Interface única para S11
  }

# Interface dupla (redes de controle e plano de usuário separadas)
config :sgw_c,
  s11: %{
    local_ipv4_address: "10.0.0.10"    # Rede do plano de controle
  },
  sxa: %{
    local_ip_address: "10.1.0.20"      # Rede do plano de usuário
  }
```

Configuração de Tempo de Mensagem

```
config :sgw_c,
  s11: %{
    # Para redes de alta latência (> 100ms RTT)
    message_timeout_ms: 10000,
    max_retries: 5,
    retry_backoff_ms: 2000,

    # Para redes de baixa latência (< 50ms RTT)
    message_timeout_ms: 3000,
    max_retries: 2,
    retry_backoff_ms: 500
  }
```

Configuração da Interface S5/S8

Configuração Básica

```
config :sgw_c,
  s5s8: %{
    # Endereço IPv4 local para S5/S8 (interface PGW)
    local_ipv4_address: "10.0.0.15",

    # Opcional: Endereço IPv6 local
    local_ipv6_address: nil,

    # Opcional: Substituir porta padrão
    local_port: 2123,

    # Pares PGW-C
    pgw_peers: [
      %{
        ip_address: "10.0.0.20",
        name: "pgw-c-primary"
      },
      %{
        ip_address: "10.0.0.21",
        name: "pgw-c-secondary"
      }
    ],

    # Tempos limite de mensagem
    message_timeout_ms: 5000,
    max_retries: 3,
    retry_backoff_ms: 1000
  }
```

Configuração de Par PGW

```
# PGW único
config :sgw_c,
  s5s8: %{
    pgw_peers: [
      %{
        ip_address: "10.0.0.20",
        name: "pgw-c-prod"
      }
    ]
  }

# PGWs redundantes (balanceados)
config :sgw_c,
  s5s8: %{
    pgw_peers: [
      %{ip_address: "10.0.0.20", name: "pgw-c-1"},
      %{ip_address: "10.0.0.21", name: "pgw-c-2"},
      %{ip_address: "10.0.0.22", name: "pgw-c-3"}
    ]
  }

# PGWs redundantes (ativo-em-redundância)
config :sgw_c,
  s5s8: %{
    pgw_peers: [
      %{ip_address: "10.0.0.20", name: "pgw-c-primary"},
      %{ip_address: "10.0.0.21", name: "pgw-c-backup"}
    ]
  }
```

Configuração da Interface Sxa

Configuração Básica

```
config :sgw_c,
  sxa: %{
    # Endereço IP local para a interface Sxa
    local_ip_address: "10.0.0.20",

    # Opcional: Substituir porta padrão
    local_port: 8805,

    # Pares SGW-U
    peers: [
      %{
        ip_address: "10.0.0.30",
        node_id: "sgw-u-1.example.com"
      }
    ],

    # Intervalo de heartbeat (segundos)
    heartbeat_interval_s: 20,

    # Tempo limite de sessão (milissegundos)
    session_timeout_ms: 5000,

    # Tentativas
    max_retries: 3
  }
```

Configuração de Par SGW-U

```
# SGW-U único
config :sgw_c,
  sxa: %{
    peers: [
      %{
        ip_address: "10.0.0.30",
        node_id: "sgw-u-prod-01"
      }
    ]
  }

# SGW-Us redundantes
config :sgw_c,
  sxa: %{
    peers: [
      %{
        ip_address: "10.0.0.30",
        node_id: "sgw-u-prod-01"
      },
      %{
        ip_address: "10.0.0.31",
        node_id: "sgw-u-prod-02"
      }
    ]
  }
```

Configuração de Heartbeat

```
# Detecção rápida (agressiva)
config :sgw_c,
  sxa: %{
    heartbeat_interval_s: 10,
    max_retries: 2
  }

# Detecção normal (balanceada)
config :sgw_c,
  sxa: %{
    heartbeat_interval_s: 20,
    max_retries: 3
  }

# Detecção lenta (flexível)
config :sgw_c,
  sxa: %{
    heartbeat_interval_s: 40,
    max_retries: 5
  }
```

Configuração de CDR

Configuração Básica

```
config :sgw_c,
  cdr: %{
    # Identificador do gateway nos CDRs
    gateway_name: "sgw-c-prod-01",

    # Intervalo de rotação de arquivos (milissegundos)
    rotation_interval_ms: 3600000,  # 1 hora

    # Diretório de saída para arquivos CDR
    directory: "/var/log/sgw_c/cdrs"
  }
```

Configuração de Produção

```
config :sgw_c,
  cdr: %{
    # Usar nome do host ou ID da instância da implantação
    gateway_name: System.get_env("HOSTNAME") || "sgw-c-prod-01",

    # Rotacionar a cada hora para gerenciabilidade
    rotation_interval_ms: 3600000,

    # Usar armazenamento rápido para CDRs
    directory: System.get_env("CDR_DIR") || "/var/log/sgw_c/cdrs"
  }
```

Configuração de Alto Volume

```
config :sgw_c,
  cdr: %{
    gateway_name: "sgw-c-prod-high-vol",

    # Rotacionar com mais frequência para gerenciar o tamanho do
arquivo
    rotation_interval_ms: 1800000,  # 30 minutos

    # Usar armazenamento rápido dedicado
    directory: "/mnt/fast-ssd/sgw_c/cdrs"
  }
```

Exemplos de Implantação

Gateway Único (Mínimo)

```
import Config

config :sgw_c,
  metrics: %{
    metrics_bind_address: "127.0.0.40",
    metrics_port: 42068,
    poll_interval_ms: 10000
  },
  s11: %{
    local_ipv4_address: "10.0.0.10",
    local_port: 2123,
    message_timeout_ms: 5000,
    max_retries: 3,
    retry_backoff_ms: 1000
  },
  s5s8: %{
    local_ipv4_address: "10.0.0.10",
    pgw_peers: [
      %{ip_address: "10.0.0.20", name: "pgw-c-prod"}
    ],
    message_timeout_ms: 5000,
    max_retries: 3,
    retry_backoff_ms: 1000
  },
  sxa: %{
    local_ip_address: "10.0.0.10",
    peers: [
      %{ip_address: "10.0.0.30", node_id: "sgw-u-prod-01"}
    ],
    heartbeat_interval_s: 20,
    session_timeout_ms: 5000,
    max_retries: 3
  },
  cdr: %{
    gateway_name: "sgw-c-prod-01",
    rotation_interval_ms: 3600000,
```

```
    directory: "/var/log/sgw_c/cdrs"
  }
```

Configuração de Alta Disponibilidade

(Redundante)

```
import Config

sgw_s11_ip = System.get_env("SGW_S11_IP") || "10.0.0.10"
sgw_s5s8_ip = System.get_env("SGW_S5S8_IP") || "10.0.0.15"
sgw_sxa_ip = System.get_env("SGW_SXA_IP") || "10.0.0.20"
mgt_ip = System.get_env("MGT_IP") || "10.0.0.40"

config :sgw_c,
  metrics: %{
    metrics_bind_address: mgt_ip,
    metrics_port: 42068,
    poll_interval_ms: 5000
  },
  s11: %{
    local_ipv4_address: sgw_s11_ip,
    message_timeout_ms: 5000,
    max_retries: 3,
    retry_backoff_ms: 1000
  },
  s5s8: %{
    local_ipv4_address: sgw_s5s8_ip,
    pgw_peers: [
      %{ip_address: "10.0.0.20", name: "pgw-c-1"},
      %{ip_address: "10.0.0.21", name: "pgw-c-2"},
      %{ip_address: "10.0.0.22", name: "pgw-c-3"}
    ],
    message_timeout_ms: 5000,
    max_retries: 3,
    retry_backoff_ms: 1000
  },
  sxa: %{
    local_ip_address: sgw_sxa_ip,
    peers: [
      %{ip_address: "10.0.0.30", node_id: "sgw-u-1"},
      %{ip_address: "10.0.0.31", node_id: "sgw-u-2"},
      %{ip_address: "10.0.0.32", node_id: "sgw-u-3"}
    ],
    heartbeat_interval_s: 20,
    session_timeout_ms: 5000,
    max_retries: 3
  },
```

```
  cdr: %{
    gateway_name: System.get_env("HOSTNAME") || "sgw-c-prod-01",
    rotation_interval_ms: 3600000,
    directory: "/var/log/sgw_c/cdrs"
  }
```

Carrier Grade de Alto Volume

```
import Config

# Carregar todas as configurações do ambiente (necessário em
produção)
sgw_s11_ip = System.fetch_env!("SGW_S11_IP")
sgw_s5s8_ip = System.fetch_env!("SGW_S5S8_IP")
sgw_sxa_ip = System.fetch_env!("SGW_SXA_IP")
mgt_ip = System.fetch_env!("MGT_IP")
hostname = System.get_env("HOSTNAME")

# Analisar pares PGW do ambiente (formato JSON)
pgw_peers_env = System.get_env("PGW_PEERS", "[]")
{:ok, pgw_peers} = Jason.decode(pgw_peers_env, keys: :atoms)

# Analisar pares SGW-U do ambiente
sgwu_peers_env = System.get_env("SGWU_PEERS", "[]")
{:ok, sgwu_peers} = Jason.decode(sgwu_peers_env, keys: :atoms)

config :sgw_c,
  metrics: %{
    metrics_bind_address: mgt_ip,
    metrics_port: 42068,
    poll_interval_ms: 5000
  },
  s11: %{
    local_ipv4_address: sgw_s11_ip,
    message_timeout_ms: 5000,
    max_retries: 3,
    retry_backoff_ms: 1000
  },
  s5s8: %{
    local_ipv4_address: sgw_s5s8_ip,
    pgw_peers: pgw_peers,
    message_timeout_ms: 5000,
    max_retries: 3,
    retry_backoff_ms: 1000
  },
  sxa: %{
    local_ip_address: sgw_sxa_ip,
    peers: sgwu_peers,
    heartbeat_interval_s: 20,
```

```
    session_timeout_ms: 5000,
    max_retries: 3
  },
  cdr: %{
    gateway_name: hostname,
    rotation_interval_ms: 1800000,  # Rotação de 30 minutos
    directory: "/mnt/fast-ssd/sgw_c/cdrs"
  }
```

Referência de Variáveis de Ambiente

Variáveis Obrigatórias

Variável	Descrição	Exemplo
`SGW_S11_IP`	IP da interface S11	`10.0.0.10`
`SGW_S5S8_IP`	IP da interface S5/S8	`10.0.0.15`
`SGW_SXA_IP`	IP da interface Sxa	`10.0.0.20`
`MGT_IP`	Endereço de vinculação de métricas	`10.0.0.40`

Variáveis Opcionais

Variável	Descrição	Padrão
`HOSTNAME`	Nome do gateway para CDRs	Nome do host do sistema
`PGW_PEERS`	Array JSON de pares PGW	`[]`
`SGWU_PEERS`	Array JSON de pares SGW-U	`[]`
`CDR_DIR`	Diretório de saída de CDR	`/var/log/sgw_c/cdrs`

Exemplo de Implantação

```
export SGW_S11_IP="10.0.0.10"
export SGW_S5S8_IP="10.0.0.15"
export SGW_SXA_IP="10.0.0.20"
export MGT_IP="10.0.0.40"
export HOSTNAME="sgw-c-prod-01"
export PGW_PEERS='[{"ip_address":"10.0.0.20","name":"pgw-c-1"}]'
export SGWU_PEERS='[{"ip_address":"10.0.0.30","node_id":"sgw-u-
1"}]'

mix run --no-halt
```

Verificação

Verificar Configuração na Inicialização

Monitore os logs de inicialização:

```
mix run --no-halt 2>&1 | grep -E "S11|S5/S8|Sxa|Metrics"

# Saída esperada:
# [info] Iniciando SGW-C...
# [info] Iniciando Exportador de M��tricas em 10.0.0.40:42068
# [info] Iniciando Broker S11 em 10.0.0.10
# [info] Iniciando Broker S5/S8 em 10.0.0.15
# [info] Iniciando Broker Sxa em 10.0.0.20
# [info] OmniSGW iniciado com sucesso
```

Verificar Configuração Ativa

```
# Verificar se as métricas estão acessíveis
curl http://10.0.0.40:42068/metrics | head -20

# Verificar se a porta S11 está escutando
netstat -an | grep 2123

# Verificar conectividade do par S11 nos logs
tail -f /var/log/sgw_c/sgw_c.log | grep "S11"
```

Problemas Comuns de Configuração

"Endereço já está em uso"

Problema: A vinculação da porta falha na inicialização

Solução:

```
# Encontrar processo usando a porta
lsof -i :2123

# Matar processo existente ou usar porta diferente
killall sgw_c
# ou
config :sgw_c, s11: %{local_port: 2124}
```

"Conexão recusada" para PGW

Problema: S5/S8 não consegue alcançar PGW-C

Solução:

```
# Verificar IP do PGW
ping 10.0.0.20

# Verificar regras de firewall
iptables -L | grep 2123

# Testar conectividade
nc -u -v 10.0.0.20 2123
```

"Não é possível alcançar SGW-U"

Problema: A associação Sxa falha

Solução:

```
# Verificar se SGW-U é acessível
ping 10.0.0.30

# Verificar porta PFCP
netstat -an | grep 8805

# Verificar se a porta PFCP está aberta
iptables -L | grep 8805
```

Guia de Monitoramento & Métricas

Métricas Prometheus, Painéis Grafana e Alertas

OmniSGW da Omnitouch Network Services

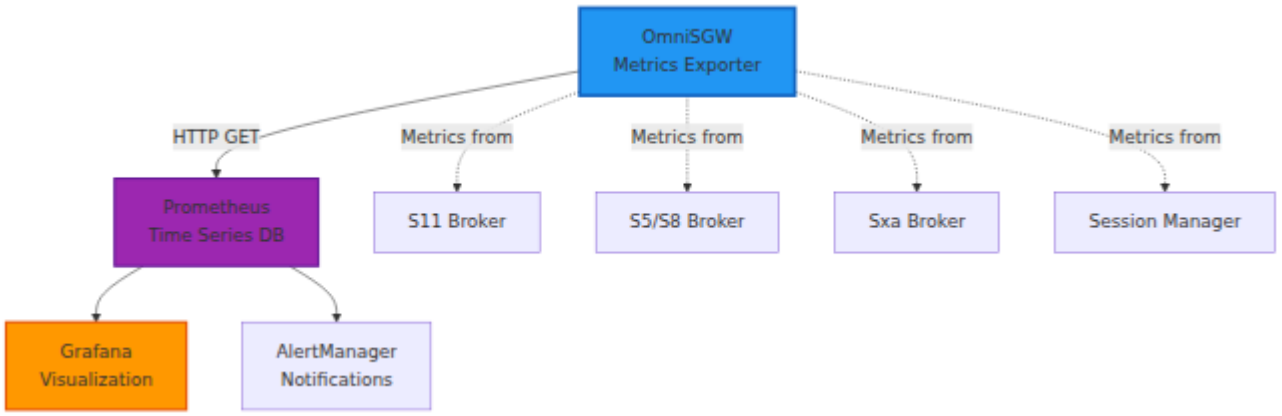
Índice

1. Visão Geral
2. Exportador de Métricas
3. Métricas Disponíveis
4. Configuração do Prometheus
5. Painéis Grafana
6. Regras de Alerta
7. Solução de Problemas

Visão Geral

OmniSGW expõe métricas compatíveis com Prometheus para monitoramento abrangente das operações de rede, gerenciamento de sessões e saúde do sistema.

Arquitetura de Métricas



Exportador de Métricas

Acessando Métricas

As métricas são expostas no endpoint HTTP configurado:

```
# Endpoint padrão (se configurado)
curl http://127.0.0.40:42068/metrics

# Exportar para arquivo
curl http://127.0.0.40:42068/metrics > metrics.txt

# Monitoramento em tempo real
watch -n 5 'curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | head -30'
```

Para configuração do endpoint de métricas (endereço de ligação, porta e intervalo de polling), consulte o Guia de Configuração.

Formato das Métricas

As métricas estão no formato de texto do Prometheus:

```
# HELP teid_registry_count Total number of allocated TEIDs
# TYPE teid_registry_count gauge
teid_registry_count 1234

# HELP s11_inbound_messages_total Total number of inbound S11
messages
# TYPE s11_inbound_messages_total counter
s11_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}
5432
s11_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request"}
5100
s11_inbound_messages_total{message_type="modify_bearer_request"}
12000
```

Métricas Disponíveis

Métricas de Gerenciamento de Sessões

Sessões Ativas:

```
teid_registry_count
├── Descrição: Alocações de TEID S11/S5S8 ativas
├── Tipo: Gauge
├── Faixa: 0 a capacidade máxima licenciada
└── Exemplo: 1234 (1234 sessões ativas)

seid_registry_count
├── Descrição: Sessões PFCP ativas (por par SGW-U)
├── Tipo: Gauge
├── Rótulos: peer_ip
└── Exemplo: seid_registry_count{peer_ip="10.0.0.30"} 1234

active_ue_sessions
├── Descrição: Total de sessões UE ativas
├── Tipo: Gauge
└── Exemplo: 5000

active_bearers
├── Descrição: Total de bearers ativos (padrão + dedicado)
├── Tipo: Gauge
└── Exemplo: 5500 (1 padrão + 0.1 dedicado por sessão)

charging_id_registry_count
├── Descrição: IDs de cobrança ativos
├── Tipo: Gauge
└── Exemplo: 5000
```

Contadores de Mensagens

S11 (Interface MME):

```
s11_inbound_messages_total
├── Tipo: Counter (crescendo)
├── Rótulos: message_type
├── Valores:
│   ├── create_session_request
│   ├── delete_session_request
│   ├── modify_bearer_request
│   ├── create_bearer_request
│   ├── delete_bearer_request
│   ├── release_access_bearers_request
│   ├── downlink_data_notification
│   └── echo_request
└── Exemplo:
s11_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}
5432
```

S5/S8 (Interface PGW):

```
s5s8_inbound_messages_total
├── Tipo: Counter
├── Rótulos: message_type
├── Valores: (mesmos que os tipos de solicitação S11)
└── Exemplo:
s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}
4500
```

Sxa (Interface SGW-U):

```
sxa_inbound_messages_total
├── Tipo: Counter
├── Rótulos: message_type
├── Valores:
│   ├── session_establishment_request
│   ├── session_modification_request
│   ├── session_deletion_request
│   ├── session_report_request
│   ├── association_setup_request
│   └── heartbeat_request
└── Exemplo:
sxa_inbound_messages_total{message_type="session_report_request"}
67000
```

Métricas de Desempenho

Latência de Mensagens:

```
s11_inbound_duration_seconds
├── Tipo: Histogram (com buckets)
├── Descrição: Tempo de processamento de mensagens S11
├── Percentis: _count, _sum, _bucket
└── Exemplo: s11_inbound_duration_seconds_bucket{le="0.1"} 5000

s5s8_inbound_duration_seconds
├── Tipo: Histogram
├── Descrição: Tempo de processamento de mensagens S5/S8

sxa_inbound_duration_seconds
├── Tipo: Histogram
├── Descrição: Tempo de processamento de mensagens Sxa
```

Associação PFCP:

```
pfcp_association_status
├── Tipo: Gauge
├── Valores: 1 (associado) ou 0 (não associado)
├── Rótulos: peer_ip, node_id
└── Exemplo: pfcp_association_status{peer_ip="10.0.0.30"} 1

pfcp_heartbeat_latency_ms
├── Tipo: Gauge
├── Descrição: Tempo de ida e volta do heartbeat
├── Rótulos: peer_ip
└── Exemplo: pfcp_heartbeat_latency_ms{peer_ip="10.0.0.30"} 15
```

Métricas de Erro

Erros de Protocolo:

```
s11_inbound_errors_total
├── Tipo: Counter
├── Rótulos: error_type
├── Valores:
│   ├── parse_error
│   ├── validation_error
│   ├── timeout
│   └── other
└── Exemplo: s11_inbound_errors_total{error_type="timeout"} 12

s5s8_inbound_errors_total
├── Tipo: Counter
├── Descrição: Erros S5/S8

sxa_inbound_errors_total
├── Tipo: Counter
├── Descrição: Erros Sxa
```

Falhas na Criação de Sessão:

```
create_session_response_cause
├── Tipo: Counter
├── Rótulos: cause_code
├── Valores: (códigos de causa 3GPP)
├── Exemplos:
│   ├── cause_code="0": Sucesso
│   ├── cause_code="16": Nenhum recurso disponível
│   ├── cause_code="25": Erro de semântica
│   └── cause_code="49": Nenhuma regra correspondente
```

Configuração do Prometheus

Instalação

```
# Baixar Prometheus
wget
https://github.com/prometheus/prometheus/releases/download/v2.45.0/pr
2.45.0.linux-amd64.tar.gz
tar xzf prometheus-2.45.0.linux-amd64.tar.gz
cd prometheus-2.45.0.linux-amd64
```

Arquivo de Configuração

prometheus.yml:

```yaml
global:
  scrape_interval: 15s
  evaluation_interval: 15s
  external_labels:
    monitor: 'sgw-c-prod'

scrape_configs:
  - job_name: 'sgw-c'
    static_configs:
      - targets: ['127.0.0.40:42068']
        labels:
          instance: 'sgw-c-prod-01'

  - job_name: 'sgw-c-backup'
    static_configs:
      - targets: ['127.0.0.41:42068']
        labels:
          instance: 'sgw-c-prod-02'

alerting:
  alertmanagers:
    - static_configs:
        - targets: ['127.0.0.50:9093']
```

Iniciando o Prometheus

```
./prometheus --config.file=prometheus.yml \
             --storage.tsdb.path=/var/lib/prometheus \
             --web.console.libraries=consoles \
             --web.console.templates=console_templates
```

Acessando o Prometheus

```
http://localhost:9090
```

Painéis Grafana

Instalação

```
# Docker (mais fácil)
docker run -d \
  --name=grafana \
  -p 3000:3000 \
  -e GF_SECURITY_ADMIN_PASSWORD=admin \
  grafana/grafana
```

Adicionando Fonte de Dados

1. **Abra o Grafana:** http://localhost:3000
2. **Configuração → Fontes de Dados**
3. **Adicionar → Prometheus**
4. **URL:** http://prometheus:9090

Painel: Visão Geral da Sessão

Painéis:

```
Linha 1:
├── Sessões Ativas (Gauge)
├── Bearers Ativos (Gauge)
├── Mensagens S11/sec (Gráfico)
└── Mensagens S5/S8/sec (Gráfico)

Linha 2:
├── Mensagens Sxa/sec (Gráfico)
├── Latência S11 p95 (Gráfico)
├── Latência S5/S8 p95 (Gráfico)
└── Latência Sxa p95 (Gráfico)

Linha 3:
├── Erros S11/min (Gráfico)
├── Erros S5/S8/min (Gráfico)
├── Erros Sxa/min (Gráfico)
└── Associações PFCP (Status)
```

Painel: Saúde da Interface

Painéis:

```
Linha 1:
├── Status do Par S11 (Status)
├── Status do Par S5/S8 (Status)
├── Status do Par SGW-U (Lista de Status)
└── Carga do Sistema (Gauge)

Linha 2:
├── Taxa de Mensagens S11 (Gráfico)
├── Taxa de Mensagens S5/S8 (Gráfico)
├── Taxa de Mensagens Sxa (Gráfico)
└── Taxa de Erros (Gráfico)

Linha 3:
├── Histograma de Latência de Mensagens (Heatmap)
├── Taxa de Criação de Sessões (Gráfico)
├── Taxa de Término de Sessões (Gráfico)
└── Taxa de Criação de Bearers (Gráfico)
```

Painel: Planejamento de Capacidade

Painéis:

```
Linha 1:
├── Sessões vs Capacidade (Gauge + Limite)
├── Bearers vs Capacidade (Gauge + Limite)
├── Distribuição de Sessões PFCP (Gráfico de Barras)
└── Sessões por APN (Gráfico de Pizza)

Linha 2:
├── Tendência de Crescimento de Sessões (Gráfico)
├── Tendência de Crescimento de Bearers (Gráfico)
├── Hora de Pico de Sessão (Heatmap)
└── Distribuição da Duração da Sessão (Histograma)
```

Exemplos de Consultas do Painel

Sessões Ativas:

```
teid_registry_count
```

Taxa de Criação de Sessão:

```
rate(s11_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"
[5m])
```

Latência S11 (percentil 95):

```
histogram_quantile(0.95,
rate(s11_inbound_duration_seconds_bucket[5m]))
```

Taxa de Erros:

```
rate(s11_inbound_errors_total[5m]) +
rate(s5s8_inbound_errors_total[5m]) +
rate(sxa_inbound_errors_total[5m])
```

Status de Associação PFCP:

```
pfcp_association_status{peer_ip=~"10.0.0.3[0-2]"}
```

Regras de Alerta

Arquivo de Regras de Alerta

sgw-c-alerts.yml:

```yaml
groups:
  - name: sgw-c-alerts
    interval: 30s
    rules:
      # Alertas de capacidade de sessão
      - alert: SGWCapacityHigh
        expr: (teid_registry_count / 100000) > 0.8
        for: 5m
        annotations:
          summary: "Capacidade de sessão SGW acima de 80%"
          description: "Sessões: {{ $value }} de 100000"

      # Alertas de saúde da interface
      - alert: S11PeerDown
        expr: absent(s11_inbound_messages_total) > 0
        for: 2m
        annotations:
          summary: "Interface S11 inacessível"

      - alert: PGWPeerDown
        expr: create_session_response_cause{cause_code="49"} > 100
        for: 2m
        annotations:
          summary: "Par PGW-C inacessível"

      - alert: SGWUAssociationDown
        expr: pfcp_association_status == 0
        for: 1m
        annotations:
          summary: "Associação SGW-U perdida"
          description: "Par: {{ $labels.peer_ip }}"

      # Alertas de latência de mensagens
      - alert: S11LatencyHigh
        expr: histogram_quantile(0.95,
rate(s11_inbound_duration_seconds_bucket[5m])) > 1
        for: 5m
        annotations:
          summary: "Latência S11 acima de 1 segundo"
          description: "p95: {{ $value }}s"

      - alert: S5S8LatencyHigh
        expr: histogram_quantile(0.95,
```

```
rate(s5s8_inbound_duration_seconds_bucket[5m])) > 1
        for: 5m
        annotations:
          summary: "Latência S5/S8 acima de 1 segundo"

      # Alertas de taxa de erro
      - alert: S11ErrorRate
        expr: rate(s11_inbound_errors_total[5m]) > 10
        for: 3m
        annotations:
          summary: "Alta taxa de erro S11"
          description: "{{ $value }} erros/segundo"

      - alert: SessionEstablishmentFailure
        expr: rate(create_session_response_cause{cause_code!="0"}
[5m]) > 20
        for: 3m
        annotations:
          summary: "Alta taxa de falha na criação de sessão"
          description: "{{ $value }} falhas/segundo"
```

Configurando AlertManager

alertmanager.yml:

```yaml
global:
  resolve_timeout: 5m

route:
  receiver: 'sgw-alerts'
  group_by: ['alertname', 'instance']
  group_wait: 30s
  group_interval: 5m
  repeat_interval: 12h

receivers:
  - name: 'sgw-alerts'
    webhook_configs:
      - url: 'http://slack-webhook-url'
    email_configs:
      - to: 'noc@example.com'
        from: 'sgw-alerts@example.com'
        smarthost: 'smtp.example.com:587'
```

Exemplos de Notificação de Alerta

Integração com Slack:

```
 Capacidade SGW Alta
Severidade: Aviso
Sessões Ativas: 85,000 / 100,000 (85%)
Hora: 2025-12-10 15:30:00 UTC
Ação: Monitorar para aumento de capacidade
```

Integração por Email:

```
Assunto: [ALERTA] Par S11 Inacessível

A interface S11 do SGW-C não recebeu mensagens por 2 minutos.
Isso pode indicar:
- Problema de conectividade de rede MME
- Reinício do SGW-C necessário
- Configuração da porta S11 alterada

Ação Imediata Necessária: Verifique o status do S11
```

Solução de Problemas

Métricas Não Aparecendo

Problema: Endpoint de métricas vazio ou 404

Diagnóstico:

```
# Verifique se o endpoint de métricas é acessível
curl -v http://127.0.0.40:42068/metrics

# Verifique os logs em busca de erros do exportador de métricas
tail -f /var/log/sgw_c/sgw_c.log | grep -i metric

# Verifique a configuração
cat config/runtime.exs | grep metrics
```

Soluções:

1. Reinicie o processo SGW-C
2. Verifique se o IP/porta de métricas não está bloqueado pelo firewall
3. Verifique a configuração do endereço de ligação
4. Assegure-se de que há memória suficiente para a coleta de métricas

Métricas Faltando para Interface Específica

Problema: Métricas S11 aparecem, mas S5/S8 ou Sxa estão faltando

Diagnóstico:

1. Verifique se a interface está configurada
2. Verifique se a interface está ativa
3. Monitore os logs em busca de erros de conexão

Solução:

- Verifique a acessibilidade do par
- Verifique a ligação da interface
- Revise a configuração

Alto Uso de Memória

Problema: Exportador de métricas consumindo memória excessiva

Diagnóstico:

```
# Verifique a memória do processo
ps aux | grep sgw_c | grep -v grep | awk '{print $6}'

# Monitore o crescimento ao longo do tempo
watch -n 5 'ps aux | grep sgw_c'
```

Soluções:

1. Reduza o intervalo de polling das métricas
2. Limite o número de amostras de métricas
3. Implemente uma política de retenção de métricas
4. Escale para múltiplas instâncias

Melhores Práticas

Coleta de Métricas

- **Intervalo de Coleta:** 15-30 segundos para equilíbrio
- **Retenção:** 15-30 dias de armazenamento de métricas
- **Agregação:** Pré-agregar métricas de alta cardinalidade
- **Amostragem:** Use percentis para latência, não valores brutos

Design do Painel

- **Contexto:** Inclua intervalo de tempo, instância, informações do par
- **Camadas:** Visão Geral → Detalhe → Depuração
- **Alertas:** Limites visuais em gráficos de capacidade
- **Correlação:** Vincule métricas relacionadas

Estratégia de Alerta

- **Hierarquia:** Crítico → Aviso → Informação
- **Escalonamento:** Notifique o responsável em alertas críticos
- **Ajuste de Limites:** Linha de base e depois +20% para aviso
- **Testes Regulares:** Teste os caminhos de alerta mensalmente

---

Guia de Monitoramento - *Métricas e Observabilidade do OmniSGW*

Desenvolvido pela Omnitouch Network Services

Versão da Documentação: 1.0 **Última Atualização:** 2025-12-10

Documentação da Interface S11

Comunicação GTP-C com MME

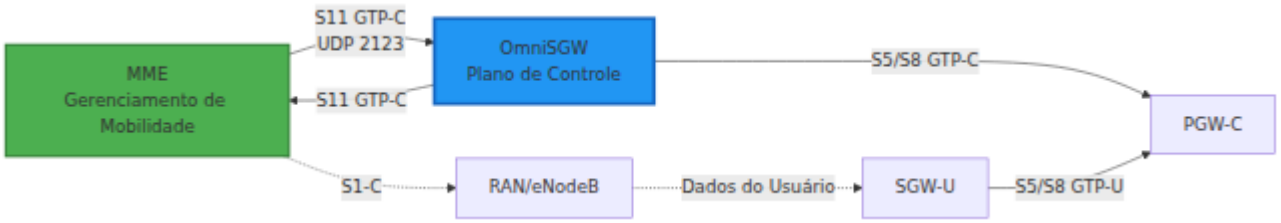
OmniSGW da Omnitouch Network Services

Índice

1. Visão Geral
2. Detalhes do Protocolo
3. Configuração
4. Tipos de Mensagens
5. Estabelecimento de Sessão
6. Modificação de Sessão
7. Terminação de Sessão
8. Operações de Rede
9. Solução de Problemas

Visão Geral

A **interface S11** conecta o OmniSGW ao MME (Entidade de Gerenciamento de Mobilidade) usando o protocolo **GTP-C v2** (Protocolo de Tunelamento GPRS - plano de controle). Esta interface gerencia toda a sinalização do plano de controle para gerenciamento de sessão de UE, operações de bearer e procedimentos de mobilidade.



Principais Recursos

- **Protocolo GTP-C v2** - Sinalização de mensagens compatível com padrões
- **Roteamento baseado em TEID** - Identificadores de ponto de extremidade de túnel para rastreamento de sessão
- **Gerenciamento de Sessão Stateful** - Mantém o contexto da UE entre mensagens
- **Suporte a Handover** - Coordena mobilidade inter-MME e intra-MME
- **Operações de Bearer** - Criar, modificar e excluir bearers
- **Notificações de Dados Downlink** - Paginação para sessões suspensas

---

Detalhes do Protocolo

GTP-C Versão 2

- **Protocolo:** GTP-C v2 (3GPP TS 29.274)
- **Transporte:** UDP
- **Porta:** 2123 (padrão)
- **Tipo de Interface:** Plano de Controle
- **Direção:** Requisição/resposta bidirecional

TEID (Identificador de Ponto de Extremidade de Túnel)

Cada sessão possui TEIDs únicos para roteamento de mensagens:

- **TEID Local** - Alocado pelo OmniSGW para mensagens recebidas do MME
- **TEID Remoto** - Alocado pelo MME para mensagens enviadas ao MME

```
Roteamento de Mensagens:
  MME → SGW: Usa o TEID Local do OmniSGW no cabeçalho da mensagem
  SGW → MME: Usa o TEID Remoto do MME no cabeçalho da mensagem
```

Formato da Mensagem

Todas as mensagens S11 seguem o formato GTP-C v2:

```
Cabeçalho GTP-C (12-16 bytes)
├── Versão (3 bits): 0x2 (GTP-C v2)
├── Flag de Piggyback (1 bit)
├── Flag de TEID (1 bit): 1 (TEID presente)
├── Tipo de Mensagem (8 bits): Identifica o tipo de mensagem
├── Comprimento da Mensagem (16 bits): Comprimento do conteúdo da
mensagem
├── TEID (32 bits): Identificador de Ponto de Extremidade de Túnel
├── Número de Sequência (24 bits): Para correspondência de
requisição/resposta
└── Spare (8 bits): Sempre 0

Conteúdos da Mensagem (variável)
├── Elementos de Informação (IE)
│   ├── Tipo de IE (8 bits)
│   ├── Comprimento (16 bits)
│   └── Valor (variável)
└── ... mais IEs
```

Configuração

Configuração Básica

```
# config/runtime.exs
config :sgw_c,
  s11: %{
    # Endereço IPv4 local para a interface S11
    local_ipv4_address: "10.0.0.10",

    # Opcional: Endereço IPv6 local (para pilha dupla)
    local_ipv6_address: nil,

    # Opcional: Substituir a porta padrão
    local_port: 2123,

    # Timeouts de mensagem
    message_timeout_ms: 5000,

    # Configuração de tentativas
    max_retries: 3,
    retry_backoff_ms: 1000
  }
```

Requisitos de Rede

Regras de Firewall:

```
# Permitir GTP-C da rede MME (entrada)
iptables -A INPUT -p udp --dport 2123 -s <mme_network>/24 -j
ACCEPT

# Permitir GTP-C de saída para MME
iptables -A OUTPUT -p udp --dport 2123 -d <mme_network>/24 -j
ACCEPT
```

Roteamento:

```
# Garantir rota para a rede MME
ip route add <mme_network>/24 via <gateway_ip> dev eth0
```

Teste de Rede:

```
# Testar conectividade com MME (usar heartbeat GTP)
# Verificar logs para a mensagem "S11 Broker connected"

# Monitorar sessões S11 ativas
curl http://127.0.0.40:42068/metrics | grep teid_registry_count
```

Tipos de Mensagens

Visão Geral das Mensagens S11



Mensagens de Estabelecimento de Sessão

Requisição de Criação de Sessão (S11)

Direção: MME → OmniSGW

Propósito: Estabelecer nova sessão de UE (anexação inicial ou conectividade PDN)

Elementos de Informação Chave:

Nome do IE	Tipo	Descrição
IMSI	Binário	Identidade Internacional do Assinante Móvel
MSISDN	BCD	Número de telefone móvel
MEI	Binário	Identidade do Equipamento Móvel
Tipo de RAT	Enum	Tecnologia de Acesso Rádio (EUTRAN)
Contexto de Bearer	Agrupado	Configuração do bearer padrão
Fuso Horário da UE	DataHora	Fuso horário atual da UE
ULI	Agrupado	Informação de Localização do Usuário (TAI, ECGI)
Rede Servidora	PLMN	MCC/MNC
APN	String	Nome do Ponto de Acesso

Resposta: Resposta de Criação de Sessão

Nome do IE	Tipo	Descrição
Causa	Enum	Resultado da requisição (sucesso/falha)
Contexto de Bearer	Agrupado	Informações do bearer alocado com TEID
Alocação de Endereço PDN	Agrupado	Endereço IP alocado do PGW
Restrições de APN	Enum	Restrições de APN

Mensagens de Modificação de Sessão

Requisição de Modificação de Bearer (S11)

Direção: MME → OmniSGW (requisição iniciada do MME)

Propósito: Modificar parâmetros do bearer durante sessão ativa

Elementos de Informação Chave:

Nome do IE	Tipo	Descrição
MEI	Binário	Identificador do Equipamento Móvel
ULI	Agrupado	Informação de Localização do Usuário atualizada
Fuso Horário da UE	DataHora	Fuso horário atualizado
TAI	TAI	Identificador da Área de Rastreamento
ECGI	ECGI	Identificador Global da Célula E-UTRAN

Resposta: Resposta de Modificação de Bearer

Nome do IE	Tipo	Descrição
Causa	Enum	Resultado da modificação
Contexto de Bearer	Agrupado	Parâmetros do bearer atualizados

Mensagens de Gerenciamento de Bearer

Requisição/Resposta de Criação de Bearer

Direção: Pode ser iniciada do MME ou SGW

Propósito: Ativar bearer dedicado para serviços que requerem QoS

Cenários de Gatilho:

- Ativação de serviço de voz
- Requisição de streaming de vídeo
- Ativação de jogo online

Requisição/Resposta de Exclusão de Bearer

Direção: Pode ser iniciada do MME ou SGW (via PGW)

Propósito: Desativar bearer dedicado quando não for mais necessário

Mensagens de Mobilidade

Requisição/Resposta de Liberação de Bearers de Acesso

Direção: MME → OmniSGW

Propósito: Suspender todos os bearers durante desconexão de rádio (cenário de paginação)

Efeitos:

- Bearers permanecem no contexto, mas suspensos
- Encaminhamento do plano do usuário pausado
- Bufferização de dados iniciada no SGW-U
- UE pode retomar com requisição de serviço

Requisição/Resposta de Modificação de Bearers de Acesso

Direção: OmniSGW → MME ou MME → OmniSGW

Propósito: Atualizar acesso ao bearer durante handover ou recuperação

Mensagens de Paginação

Notificação de Dados Downlink (S11)

Direção: PGW-C → OmniSGW → MME

Propósito: Notificar MME sobre dados downlink pendentes para UE suspensa

Elementos de Informação Chave:

Nome do IE	Tipo	Descrição
EBI	Inteiro	ID do Bearer EPS
IMSI	Binário	Identidade do assinante

Resposta: Acknowledgment de Dados Downlink

Estabelecimento de Sessão

Fluxo de Anexação Inicial da UE

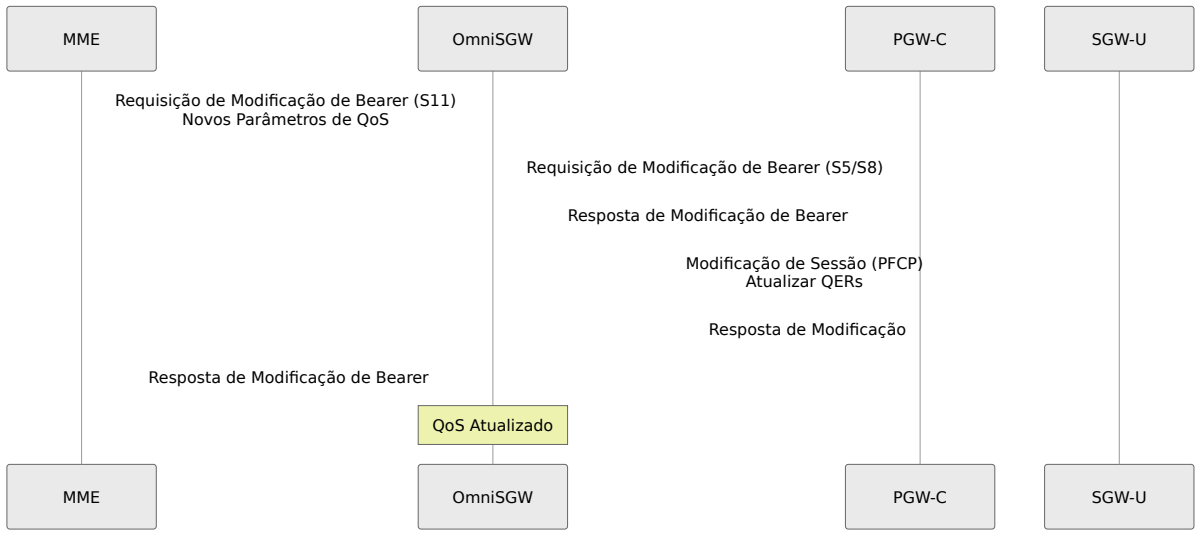


Transições de Estado:

```
[UE Não Conectado]
    ↓ (Requisição de Anexação)
[Estabelecendo Sessão para PGW]
    ↓ (PGW responde)
[Estabelecendo Plano do Usuário]
    ↓ (sessão PFCP ativa)
[Sessão Ativa]
```

Modificação de Sessão

Modificação de QoS do Bearer



Atualização da Área de Rastreamento (TAU)

TAU sem Mudança de SGW:

- MME atualiza a localização da UE
- ULI/TAI enviado ao SGW via Modificação de Bearer
- SGW atualiza o contexto local da UE
- Nenhuma realocação de sessão necessária

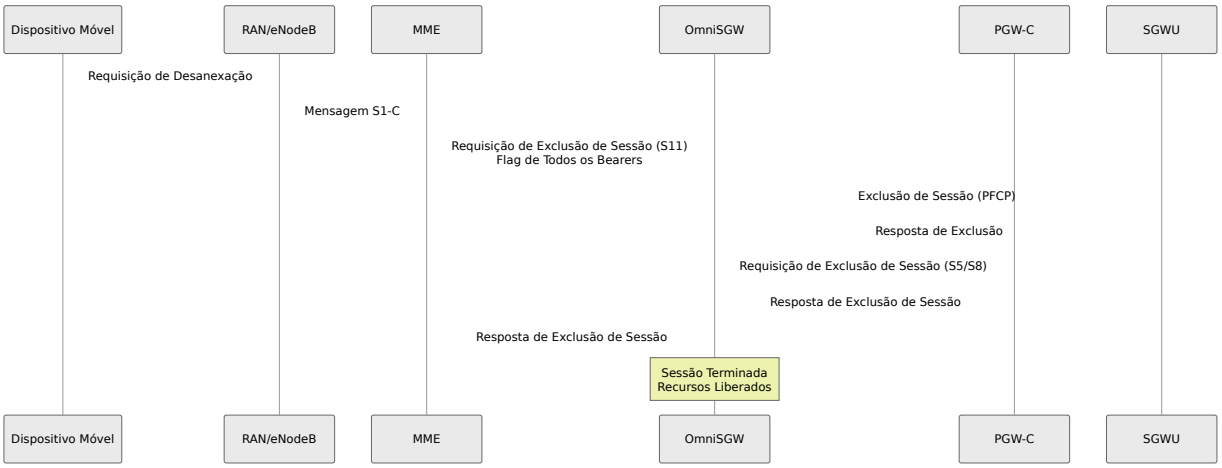
TAU com Mudança de SGW:

- SGW antigo recebe Liberação de Bearers de Acesso do MME
- SGW novo recebe Requisição de Criação de Sessão
- Encaminhamento de dados do SGW antigo para o novo
- Após a conclusão do encaminhamento, o SGW antigo libera a sessão

---

Terminação de Sessão

Terminação Normal de Sessão



Transições de Estado:

```
[Sessão Ativa]
    ↓ (Requisição de Exclusão de Sessão)
[Liberando Plano do Usuário]
    ↓ (sessão PFCP excluída)
[Notificando PGW]
    ↓ (sessão PGW excluída)
[Sessão Terminada]
```

Operações de Rede

Monitoramento do Fluxo de Mensagens

Monitore a atividade das mensagens S11 em tempo real:

```
# Assistir contadores de mensagens S11
watch -n 1 'curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep
s11_inbound'

# Exemplo de saída:
#
s11_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}
1245
#
s11_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request"}
1200
# s11_inbound_messages_total{message_type="modify_bearer_request"}
3450
```

Inspeção de Sessão

Veja sessões ativas e seu estado S11:

```
Interface Web → Página de Sessões de UE

Para cada sessão:
  - IMSI e GUTI
  - TAI atual (Área de Rastreamento)
  - TEID Local (para S11)
  - TEID Remoto (do MME)
  - Lista de bearers com parâmetros de QoS
  - PGW-C associado
```

Monitoramento de Handover

Rastreie a atividade de handover:

```
# Contar requisições de modificação de bearer (indica handovers)
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep
modify_bearer_request_total

# Monitorar atrasos de handover
# Verificar logs para mensagens "TAU com mudança de SGW"
```

Solução de Problemas

Falhas no Estabelecimento de Sessão

Problema: Requisição de Criação de Sessão rejeitada

Diagnóstico:

1. Verifique a Interface Web → Sessões de UE para a razão da rejeição
2. Verifique métricas: `s11_inbound_errors_total`
3. Verifique logs para código de causa específico

Causas Comuns & Soluções:

Causa	Razão	Solução
16	Recursos não disponíveis	Verifique a capacidade do SGW-U, contagem de sessões PFCP
25	Erro semântico no IE	Verifique o contexto do bearer na requisição
49	PGW inacessível	Verifique a conectividade S5/S8 com o PGW-C
65	APN não suportada	Verifique a configuração da APN

Problemas de Roteamento de Mensagens

Problema: "Mensagem roteada para TEID desconhecido"

Diagnóstico:

```
# Verifique o registro de TEID
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep teid_registry_count

# Verifique a alocação de TEID
# Interface Web → Sessões de UE → pesquisar por IMSI
```

Causas Comuns:

- Sessão liberada, mas mensagem atrasada ainda chegando
- Criação de Sessão duplicada com TEID diferente
- Mensagem de instância MME diferente com o mesmo TEID

Problemas de Handover

Problema: Handover falha ou perda de dados

Diagnóstico:

1. Monitore Requisição/Resposta de Modificação de Bearer nas métricas
2. Verifique logs para mensagens "handover" ou "TAU"
3. Inspecione o estado da sessão PFCP durante o handover

Soluções:

- Verifique se o SGW-U está ativo durante a janela de handover
- Verifique as regras de encaminhamento de dados instaladas
- Monitore o tempo de Liberação de Bearers de Acesso

Problemas de Performance

Problema: Alta latência de mensagens S11

Métricas a Verificar:

```
# Duração do processamento da mensagem
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep
s11_inbound_duration_seconds

# Contagem de sessões
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep active_ue_sessions

# Contagem de bearers
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep active_bearers
```

Passos de Otimização:

1. Reduzir operações de Modificação de Bearer desnecessárias
2. Monitorar e otimizar o tempo de estabelecimento de sessão PFCP
3. Escalar horizontalmente com várias instâncias SGW-C
4. Verificar uso de CPU e memória durante carga máxima

Para informações abrangentes sobre métricas, configuração do Prometheus e configuração de dashboard, consulte o Guia de Monitoramento & Métricas.

Melhores Práticas

Configuração

- **Vinculação de Porta:** Vincule S11 à interface de rede de gerenciamento para segurança
- **Timeouts:** Defina timeouts de mensagem apropriados com base no RTT da rede
- **Tentativas:** Equilibre entre confiabilidade e carga da rede

Operações

- **Limites de Sessão:** Monitore em relação à capacidade para evitar sobrecarga
- **Monitoramento de Parceria:** Acompanhe o status de conectividade do MME
- **Rastreamento de Erros:** Alerta sobre aumento sustentado na taxa de erro S11
- **Desligamento Gradual:** Drene sessões antes da manutenção

Segurança

- **Isolamento de Rede:** S11 deve estar em segmento de rede isolado
- **Controle de Acesso:** Restringir a porta S11 a IPs MME autorizados
- **Monitoramento:** Alerta sobre conexões de pares inesperadas

---

Resumo de Referência de Mensagens

Mensagem	Direção	Frequência	Prioridade
Requisição/Resposta de Criação de Sessão	MME → SGW	Criação de sessão	Alta
Requisição/Resposta de Exclusão de Sessão	MME → SGW	Fim de sessão	Alta
Requisição/Resposta de Modificação de Bearer	MME ↔ SGW	Mudanças de QoS, TAU	Média
Requisição/Resposta de Criação de Bearer	MME ↔ SGW	Ativação de bearer	Média
Requisição/Resposta de Exclusão de Bearer	MME ↔ SGW	Desativação de bearer	Média
Requisição/Resposta de Liberação de Bearers de Acesso	MME → SGW	Suspensão de paginação	Alta
Requisição/Resposta de Modificação de Bearers de Acesso	MME ↔ SGW	Recuperação de mobilidade	Alta
Notificação/Acknowledge de Dados Downlink	SGW → MME	Paginação de dados	Média
Requisição/Resposta de Echo	MME ↔ SGW	Monitoramento de caminho	Baixa

---

Interface S11 - *Sinalização do Plano de Controle do MME para SGW-C*

Documentação da Interface S5/S8

Comunicação GTP-C com PGW-C

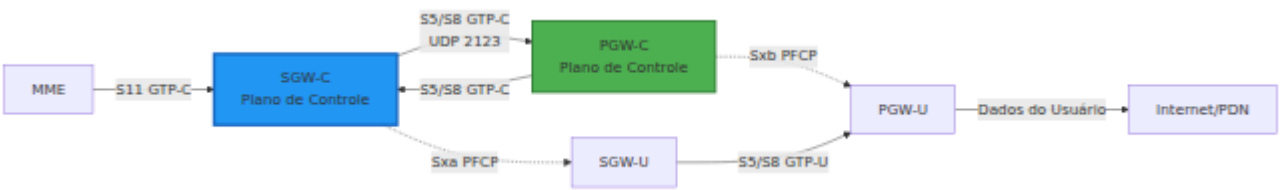
OmniSGW da Omnitouch Network Services

Índice

1. Visão Geral
2. Detalhes do Protocolo
3. Configuração
4. Estabelecimento de Sessão
5. Modificação de Sessão
6. Terminação de Sessão
7. Tipos de Mensagens
8. Operações de Rede
9. Solução de Problemas

Visão Geral

A **interface S5/S8** conecta o OmniSGW ao PGW-C (Plano de Controle do Gateway de Pacotes) usando o protocolo **GTP-C v2** (Protocolo de Tunelamento GPRS - Plano de Controle). Esta interface gerencia o sinalização de gerenciamento de sessão PDN entre os gateways.



Principais Recursos

- **Protocolo GTP-C v2** - Sinalização compatível com padrões
- **Roteamento de Sessão baseado em TEID** - Identificadores de ponto final de túnel para rastreamento
- **Gerenciamento de Conectividade PDN** - Criar/modificar/excluir conexões PDN
- **Gerenciamento de Bearer** - Operações de bearer padrão e dedicado
- **Troca de ID de Cobrança** - Faturamento coordenado entre gateways
- **Alocação de Endereço IP** - Provisionamento de IP de UE a partir de pools do PGW

Detalhes do Protocolo

GTP-C Versão 2

- **Protocolo:** GTP-C v2 (3GPP TS 29.274)
- **Transporte:** UDP
- **Porta:** 2123 (padrão)
- **Tipo de Interface:** Plano de Controle
- **Direção:** Solicitação/resposta bidirecional

TEID (Identificador de Ponto Final de Túnel)

Cada sessão PDN tem TEIDs únicos para ambas as direções:

- **TEID SGW** - Alocado pelo SGW-C para mensagens S5/S8 do PGW
- **TEID PGW** - Alocado pelo PGW-C para mensagens S5/S8 do SGW

```
Fluxo de Mensagem:
  SGW-C → PGW-C: Usa o TEID do PGW-C no cabeçalho
  PGW-C → SGW-C: Usa o TEID do SGW-C no cabeçalho
```

ID de Cobrança

O ID de cobrança é crítico para a coordenação de faturamento:

- **Gerado por:** PGW-C durante a Resposta de Criação de Sessão
- **Passado para:** SGW-C para geração de CDR
- **Usado para:** Correlacionar cobranças offline entre CDRs do SGW e PGW
- **Formato:** inteiro de 32 bits, único por conexão PDN

Configuração

Configuração Básica

```
# config/runtime.exs
config :sgw_c,
  s5s8: %{
    # Endereço IPv4 local para a interface S5/S8
    local_ipv4_address: "10.0.0.15",

    # Opcional: Endereço IPv6 local
    local_ipv6_address: nil,

    # Opcional: Substituir porta padrão
    local_port: 2123,

    # Pares PGW-C
    pgw_peers: [
      %{
        ip_address: "10.0.0.20",
        name: "pgw-c-primary"
      },
      %{
        ip_address: "10.0.0.21",
        name: "pgw-c-secondary"
      }
    ],

    # Timeouts de mensagem
    message_timeout_ms: 5000,
    max_retries: 3,
    retry_backoff_ms: 1000
  }
```

Requisitos de Rede

Regras de Firewall:

```
# Permitir GTP-C da rede PGW-C
iptables -A INPUT -p udp --dport 2123 -s <pgw_network>/24 -j
ACCEPT

# Permitir GTP-C de saída para PGW-C
iptables -A OUTPUT -p udp --dport 2123 -d <pgw_network>/24 -j
ACCEPT
```

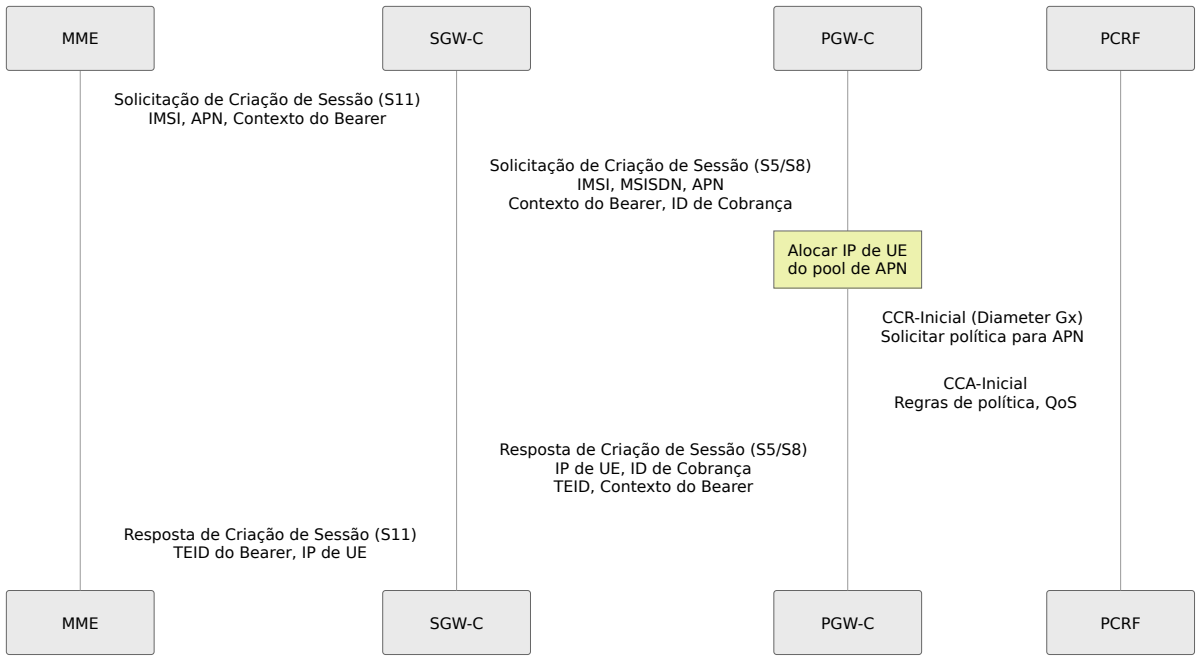
Roteamento:

```
# Garantir rota para a rede PGW-C
ip route add <pgw_network>/24 via <gateway_ip> dev eth0
```

Estabelecimento de Sessão

Solicitação Inicial de Conexão PDN

Quando o MME solicita uma conexão PDN via S11, o SGW-C encaminha para o PGW-C via S5/S8.



Solicitação de Criação de Sessão (SGW-C → PGW-C)

Elementos de Informação Chave:

Nome do IE	Fonte	Descrição
IMSI	MME	Identidade do assinante móvel
MSISDN	MME	Número de telefone móvel
MEI	MME	Identidade do Equipamento Móvel
Contexto do Bearer	MME	Configuração do bearer (QCI, ARP)
APN	MME	Nome do Ponto de Acesso (internet, ims, mms)
Rede Servidora	MME	Código PLMN (MCC/MNC)
Tipo de RAT	MME	Tecnologia de Acesso Rádio (EUTRAN)
ULI	MME	Informação de Localização do Usuário (TAI, ECGI)
ID de Cobrança	SGW	Referência de cobrança gerada pelo SGW

Resposta de Criação de Sessão (PGW-C → SGW-C)

Elementos de Informação Chave:

Nome do IE	Fonte	Descrição
Causa	PGW	Indicação de sucesso/falha
Contexto do Bearer	PGW	Bearer alocado com TEID
Alocação de Endereço PDN	PGW	Endereço IP de UE atribuído
Restrições de APN	PGW	Políticas para este APN
ID de Cobrança	PGW	ID de cobrança gerado pelo PGW
TEID	PGW	Alocado para o túnel S5/S8

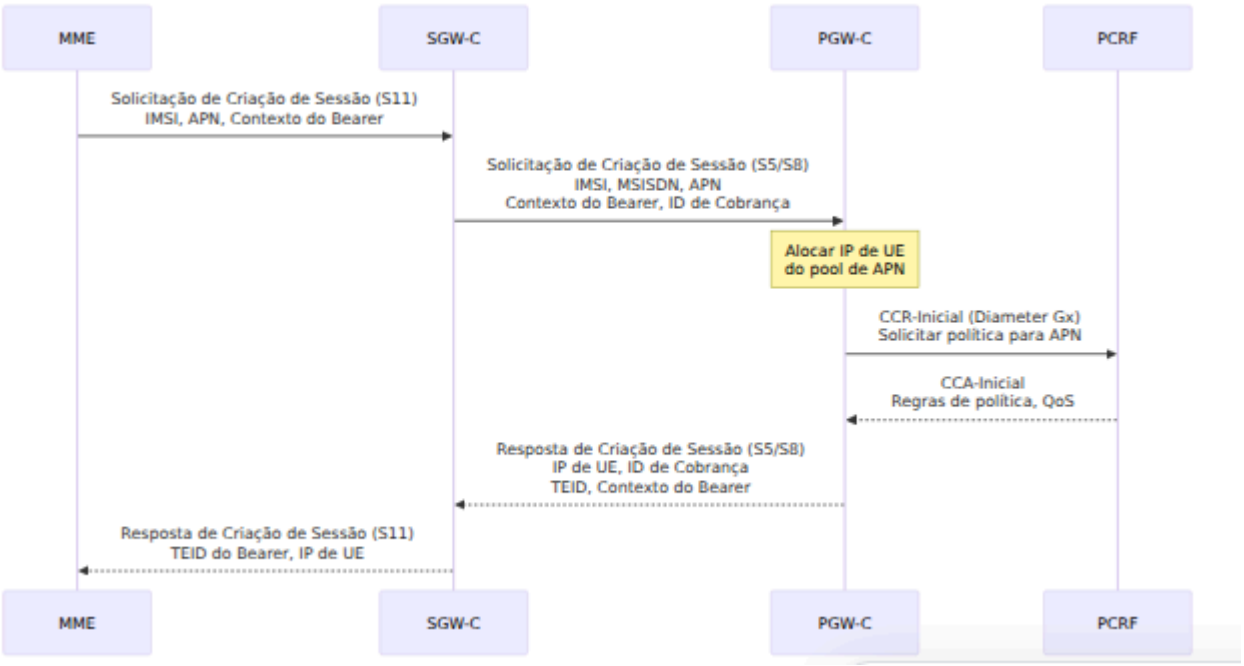
Códigos de Resposta

Código de Causa	Descrição	Recuperação
0	Solicitação Aceita	Sessão estabelecida
16	Recursos não disponíveis	Rejeitar para MME, ação do usuário
25	Erro semântico no IE	Verificar formataç��o da mensagem
49	Nenhuma regra correspondente	Desajuste de política do PGW-C
64	Contexto não encontrado	Sessão já existe
65	Erro semântico na resposta	Configuração incorreta do PGW
72	IE obrigatório ausente/incorreto	Mensagem incompleta

Modificação de Sessão

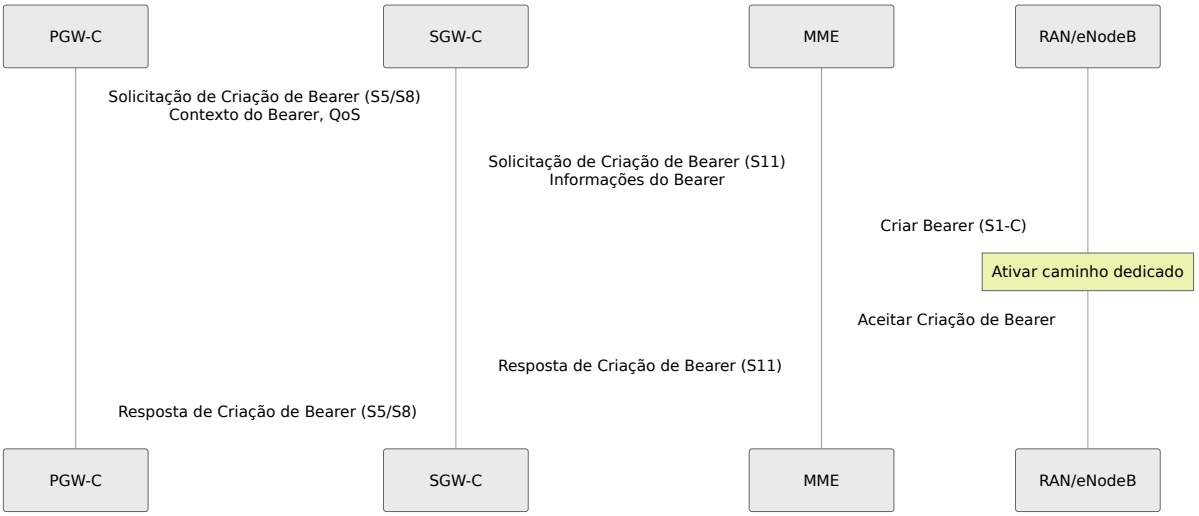
Modificação de QoS do Bearer

Quando o MME solicita alterações de QoS via S11, o SGW-C propaga para o PGW-C via S5/S8.



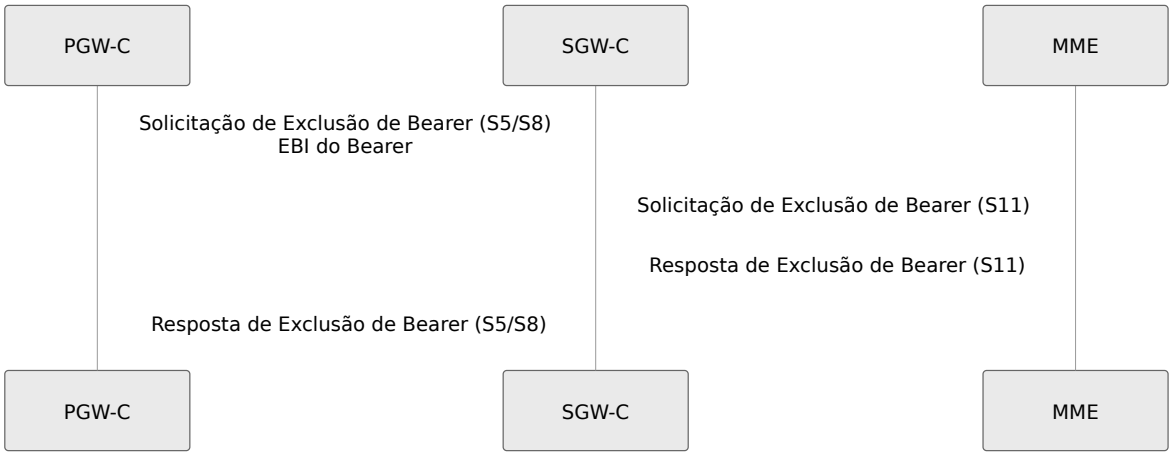
Criação de Bearer (Bearer Dedicado)

O PGW-C pode solicitar a ativação de bearer dedicado via S5/S8:



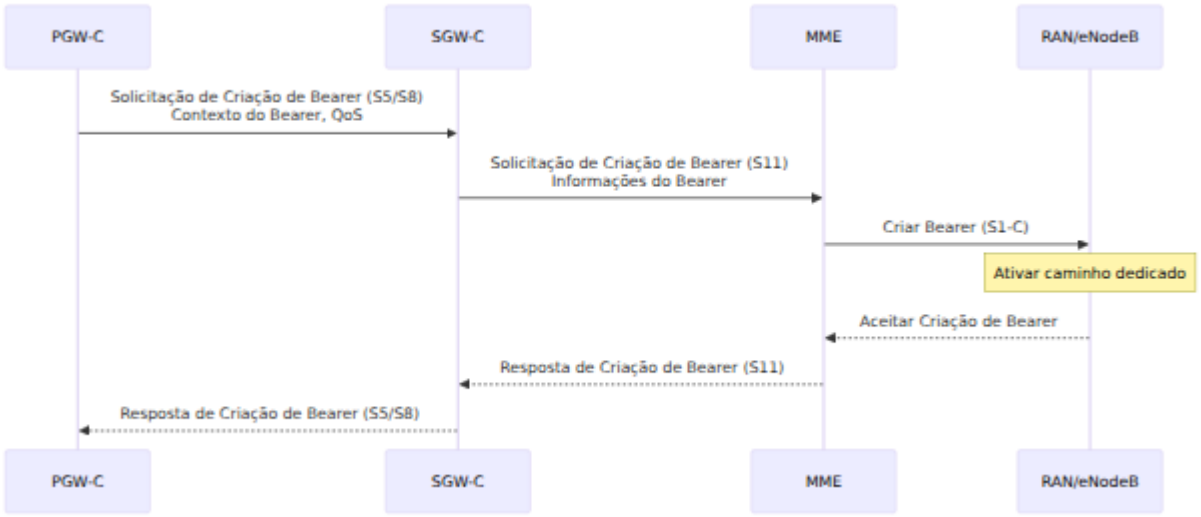
Exclusão de Bearer (Bearer Dedicado)

Quando um bearer dedicado não é mais necessário:



Terminação de Sessão

Desconexão Normal de PDN

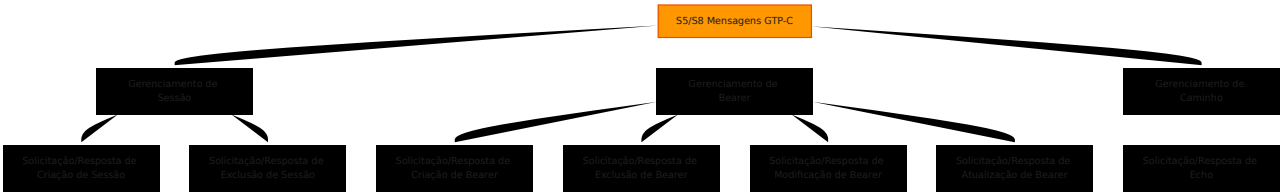


Transições de Estado:

```
[PDN Conectado]
    ↓ (Solicitação de Exclusão de Sessão do MME)
[Liberando Sessão PGW]
    ↓ (Resposta de Exclusão do PGW recebida)
[Liberando Recursos do SGW]
    ↓ (TEID liberado, CDR registrado)
[PDN Desconectado]
```

Tipos de Mensagens

Resumo das Mensagens S5/S8



Detalhes da Mensagem

Solicitação/Resposta de Criação de Sessão

- **Gatilhos:** Anexação inicial, solicitação de conectividade PDN
- **Frequência:** ~1 por conexão PDN por UE
- **Direção:** Bidirecional

Solicitação/Resposta de Exclusão de Sessão

- **Gatilhos:** Desanexação, desconexão de PDN
- **Frequência:** ~1 por término de conexão PDN
- **Direção:** Bidirecional

Solicitação/Resposta de Modificação de Bearer

- **Gatilhos:** Mudança de QoS, modificação de bearer
- **Frequência:** Variável (0 a muitos por sessão)
- **Direção:** Bidirecional

Solicitação/Resposta de Criação/Exclusão de Bearer

- **Gatilhos:** Ativação/desativação de bearer dedicado
- **Frequência:** Variável (0 a muitos por sessão)
- **Direção:** Bidirecional

Solicitação/Resposta de Echo

- **Gatilhos:** Monitoramento de caminho/parceiro
- **Frequência:** Periódica (recomendado 1/minuto no mínimo)
- **Direção:** Bidirecional

Operações de Rede

Monitoramento de Parceiros

Monitore a conectividade do PGW-C:

```
# Verifique TEIDs S5/S8 ativos
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep s5s8_teid

# Monitore o fluxo de mensagens S5/S8
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep
s5s8_inbound_messages_total

# Esperado: fluxo constante de mensagens de
Criação/Exclusão/Modificação
```

Verificação de Sessão PDN

Inspecione conexões PDN ativas:

```
Interface Web → Página de Sessões de UE
└── Para cada sessão de UE:
    ├── Parceiro PGW-C associado
    ├── ID de Cobrança (do PGW)
    ├── Endereço IP de UE (do PGW)
    ├── Lista de Bearers com QoS
    └── Par TEID S5/S8
```

Inspeção do Fluxo de Mensagens

Rastreie a atividade das mensagens S5/S8:

```
# Contar operações de Criação de Sessão
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep
create_session_request_total

# Monitorar modificações de bearer
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep modify_bearer

# Verificar taxa de erro
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep
s5s8_inbound_errors_total
```

Estratégia de Seleção do PGW

Se múltiplos pares PGW-C configurados:

```
Lógica de Seleção:
├── Balanceado por carga: Round-robin entre pares
├── Sticky: Mesmo APN sempre usa o mesmo PGW
├── Ativo-Standby: Failover em caso de parceiro indisponível
└── Personalizado: Lógica específica da aplicação
```

Monitore a distribuição:

```
# Sessões por parceiro PGW
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep session_by_pgw_peer
```

Solução de Problemas

Falhas no Estabelecimento de Sessão

Problema: "Solicitação de Criação de Sessão rejeitada pelo PGW"

Diagnóstico:

```
# Verifique o código de causa
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep
create_session_response_cause

# Verifique a conectividade do PGW
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep s5s8_peer_status
```

Causas Comuns & Soluções:

Causa	Razão	Solução
16	Sem recursos	Verifique a capacidade do PGW, exaustão do pool de IP
25	Erro semântico	Verifique se o contexto do bearer corresponde às expectativas do PGW
49	Nenhuma regra correspondente	Verifique a configuração do APN no PGW
72	IE ausente	Verifique se o MME está enviando os campos necessários

Falhas nas Operações de Bearer

Problema: "Falha na Solicitação de Modificação de Bearer"

Diagnóstico:

1. Verifique métricas para taxa de erro de modify_bearer
2. Inspecione os parâmetros de QoS para validade
3. Verifique se o PGW é acessível

Soluções:

- Reduza a frequência de modificação de QoS
- Verifique se os valores de QoS estão dentro da política do PGW

- Verifique o PGW para problemas de PCRF/política

Problemas de Timeout de Mensagem

Problema: "Mensagens S5/S8 expirando"

Métricas:

```
# Latência da mensagem
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep
s5s8_inbound_duration_seconds

# Contagem de timeouts
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep s5s8_timeout_total
```

Soluções:

- Aumente message_timeout_ms se o RTT da rede for alto
- Verifique a congestão da rede
- Verifique a disponibilidade de CPU/memória do PGW
- Monitore a perda de pacotes

Desajuste de ID de Cobrança

Problema: "Desajuste de ID de Cobrança nos CDRs"

Diagnóstico:

- Verifique se o PGW está retornando um ID de Cobrança válido
- Verifique os logs de CDR para ID de Cobrança ausente
- Compare os CDRs do SGW e do PGW

Solução:

- Garanta que o PGW envie o ID de Cobrança em todas as respostas
- Trate IDs de Cobrança ausentes de forma adequada no registro de CDR

Para referência detalhada de métricas e configuração do painel do Prometheus, consulte o Guia de Monitoramento & Métricas.

Melhores Práticas

Configuração

- **Redundância do PGW:** Configure múltiplos pares PGW-C para failover
- **Distribuição de Carga:** Use round-robin para carga equilibrada
- **Timeouts:** Defina adequadamente com base no RTT da WAN (típico: 5-10 segundos)
- **Tentativas:** 2-3 tentativas com retrocesso exponencial

Operações

- **Saúde do Parceiro:** Monitore os tempos de resposta do echo
- **Roteamento de APN:** Combine a configuração do APN do SGW com os APNs do PGW
- **Rastreamento de Erros:** Alerta sobre taxa de erro S5/S8 sustentada
- **Planejamento de Capacidade:** Monitore o uso do pool de IP no PGW

Gerenciamento de Sessão

- **Limites de Sessão:** Acompanhe sessões concorrentes vs. capacidade do PGW
- **Contagem de Bearer:** Monitore a distribuição de bearer padrão + dedicado
- **Validação de QoS:** Verifique os parâmetros de QoS aceitos pelo PGW
- **Cobrança:** Verifique se o ID de Cobrança foi recebido e registrado

---

Integração com Outras Interfaces

Coordenação S11 ↔ S5/S8

```
Fluxo de Mensagem S11 (do MME)
    ↓
Processamento de Sessão SGW-C
    ↓
Mensagem S5/S8 (para PGW-C)
    ↓
Aguardar Resposta
    ↓
Resposta S11 (de volta para MME)
```

Coordenação S5/S8 ↔ Sxa

```
Resposta de Criação de Sessão S5/S8 (do PGW)
    ↓
Extrair Informações de Bearer/QoS
    ↓
Estabelecimento de Sessão Sxa (para SGW-U)
    ↓
Aguardar Caminho do Usuário Pronto
    ↓
Completar Resposta de Criação de Sessão S11
```

Guia de Gerenciamento de Sessão

Ciclo de Vida e Operações da Sessão UE

OmniSGW da Omnitouch Network Services

Índice

1. Visão Geral
2. Ciclo de Vida da Sessão
3. Estados da Sessão
4. Operações de Bearer
5. Tratamento de Mobilidade
6. Procedimentos de Handover
7. Procedimentos Operacionais
8. Inspeção da Sessão
9. Solução de Problemas

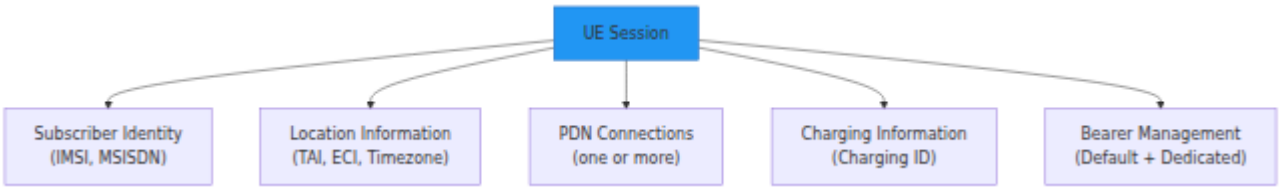
Visão Geral

Uma Sessão UE representa um dispositivo móvel ativo conectado à rede. O SGW-C mantém o contexto da sessão e coordena entre:

- **MME** - Entidade de Gerenciamento de Mobilidade (via S11)
- **PGW-C** - Plano de Controle do Gateway de Pacotes (via S5/S8)
- **SGW-U** - Encaminhamento do Plano do Usuário (via Sxa)

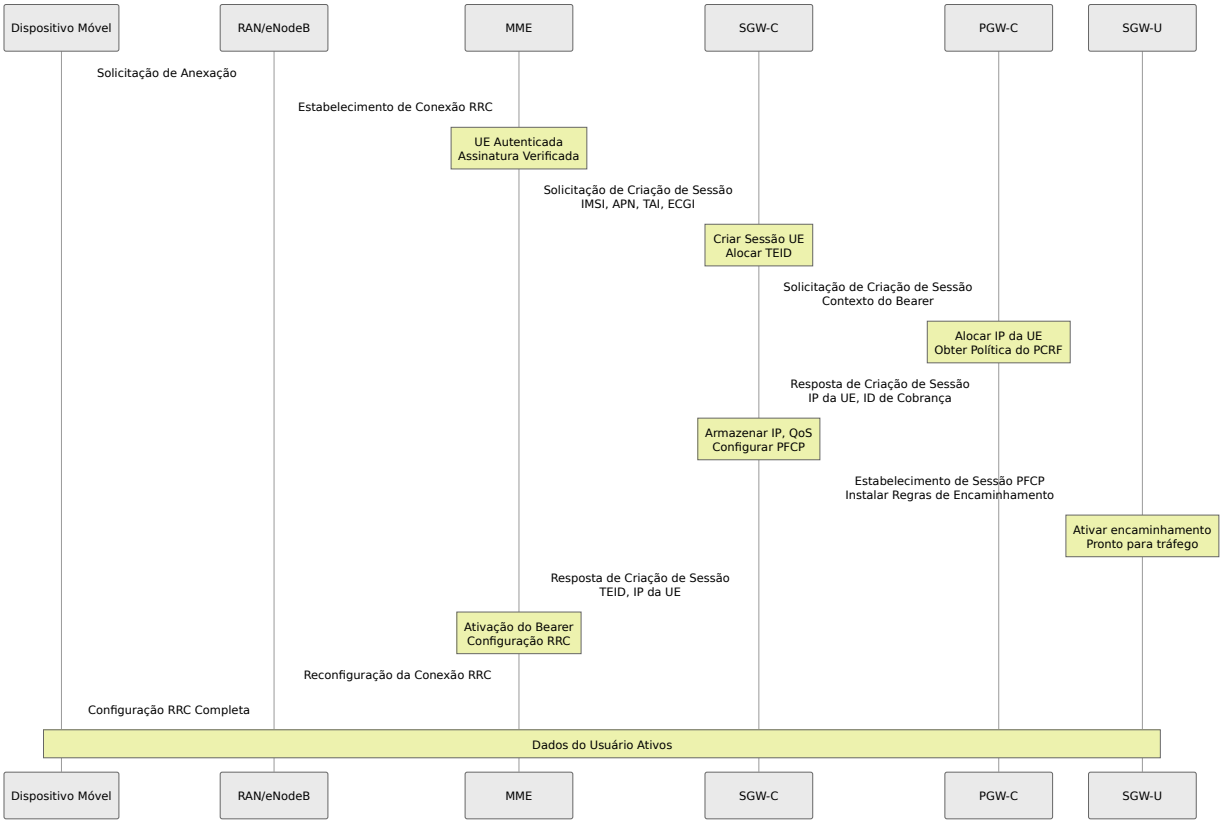
Cada sessão possui um IMSI único (identidade do assinante) e pode conter uma ou mais conexões PDN.

Responsabilidades da Sessão



Ciclo de Vida da Sessão

Criação da Sessão (Anexação da UE)



Término da Sessão (Desanexação da UE)



Estados da Sessão

Máquina de Estados da Sessão UE

```
[Sem Sessão]
    ↓ (Solicitação de Criação de Sessão do MME)
[Criando Sessão - PGW]
    ↓ (Resposta de Criação de Sessão do PGW)
[Criando Sessão - Plano do Usuário]
    ↓ (Resposta de Estabelecimento de Sessão PFCP)
[Sessão Ativa]
    ↓ (Solicitação de Modificação do Bearer ou alterações no
bearer)
[Sessão Modificando]
    ↓ (Modificação Completa)
[Sessão Ativa]
    ↓ (Solicitação de Exclusão de Sessão ou erro de rede)
[Sessão Terminando]
    ↓ (Todas as respostas recebidas, CDR registrado)
[Sessão Terminada]
```

Variáveis de Estado Chave

```
Estado da Sessão:
├── IMSI: Identidade do assinante móvel
├── GUTI: ID temporário do MME
├── Localização:
│   ├── TAI: Área de rastreamento atual
│   ├── ECI: Célula atual
│   └── Fuso Horário: Fuso horário da UE
├── Conexões PDN: Array de contextos de conexão PDN
│   ├── APN: Nome do Ponto de Acesso
│   ├── TEID (S11): Para MME
│   ├── TEID (S5/S8): Para PGW-C
│   ├── ID de Cobrança: Do PGW-C
│   ├── IP da UE: Do PGW-C
│   ├── Endereço do PGW-C: Par S5/S8
│   └── Bearers: Padrão + Dedicado
│       ├── EBI: ID do Bearer
│       ├── QCI: Classe de QoS
│       ├── ARP: Prioridade
│       ├── GBR: Taxa garantida
│       └── MBR: Taxa máxima
└── Cobrança: ID de Cobrança, log de eventos
```

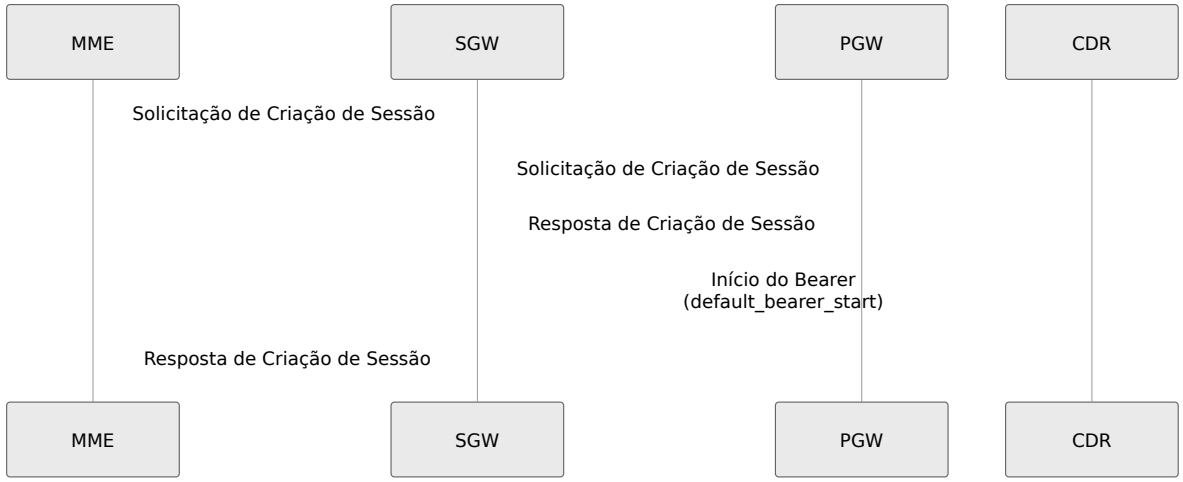
Operações de Bearer

Bearer Padrão

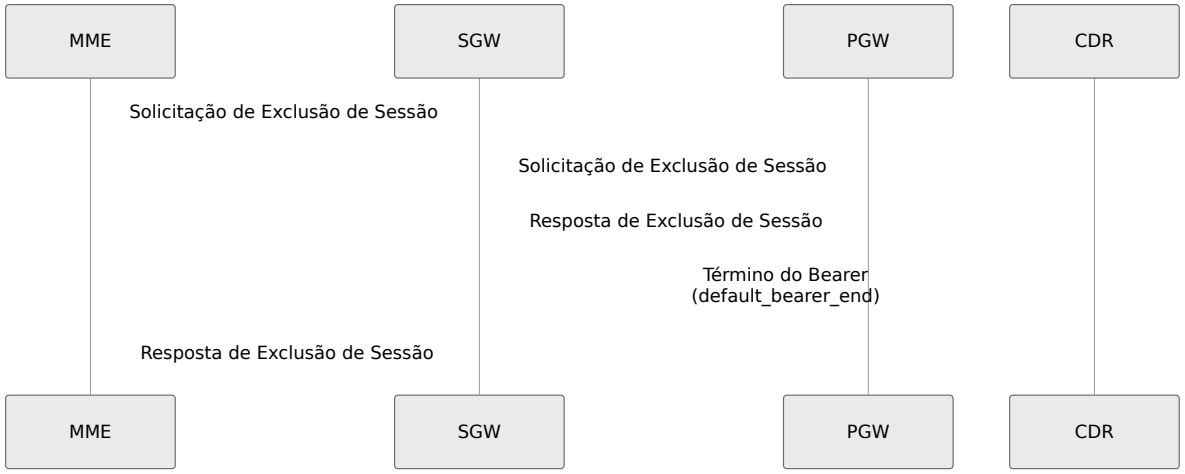
O bearer padrão é criado com cada conexão PDN:

- **QoS:** Tipicamente QCI 9 (esforço máximo)
- **Duração:** Igual à conexão PDN
- **Tráfego:** Transporta todo o tráfego que não é correspondido por bearers dedicados
- **Obrigatório:** Cada conexão PDN deve ter um bearer padrão

Evento de Início do Bearer:



Evento de Término do Bearer:



Bearers Dedicados

Bearers dedicados fornecem QoS premium para serviços específicos:

- **Ativação:** Solicitada por aplicativo ou política de rede
- **QoS:** QCI 1-8 (vários tipos de serviço)
- **Duração:** Pode ser menor que a conexão PDN
- **Opcional:** Zero ou mais por conexão PDN

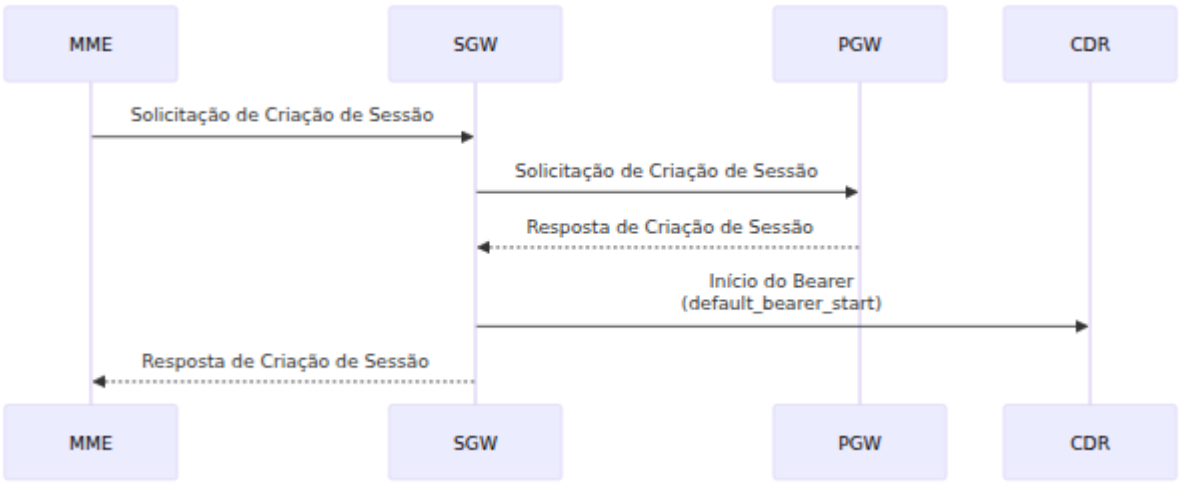
Ativação do Bearer Dedicado:

```
Gatilho do Aplicativo
    ↓
Decisão de Política do PGW-C (via PCRF)
    ↓
Solicitação de Criação de Bearer (S5/S8)
    ↓
SGW encaminha para MME (S11)
    ↓
MME ativa bearer no RAN
    ↓
Resposta de Criação de Bearer de volta através do SGW para PGW
```

Desativação do Bearer Dedicado:

```
Decisão da Rede ou do Aplicativo
    ↓
Solicitação de Exclusão de Bearer (S5/S8)
    ↓
SGW encaminha para MME (S11)
    ↓
MME desativa bearer no RAN
    ↓
Resposta de Exclusão de Bearer de volta através do SGW para PGW
```

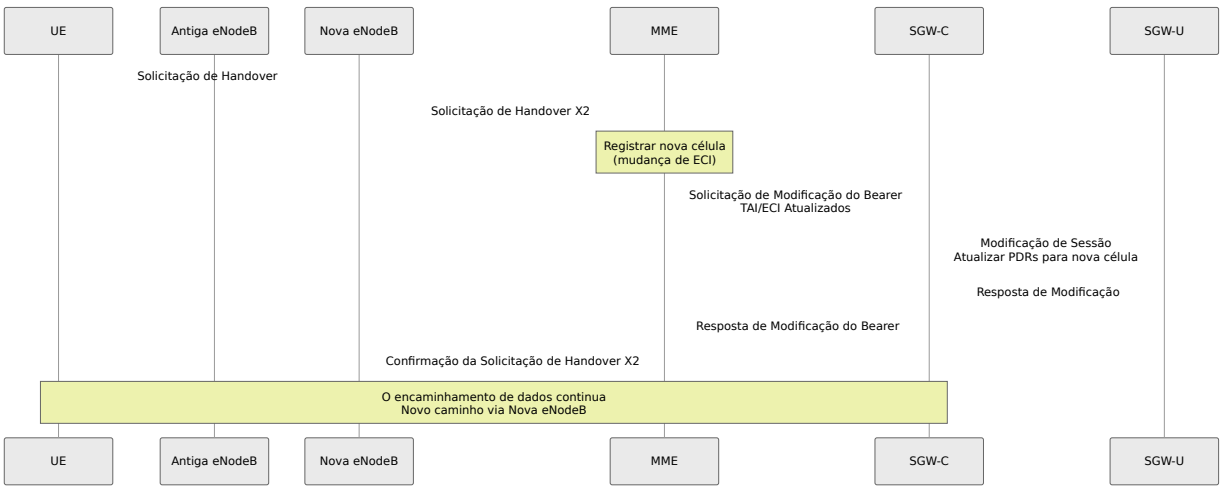
Classes de QoS do Bearer



Tratamento de Mobilidade

Handover Intra-MME (Sem Mudança de SGW)

Cenário: UE se move entre células na mesma área MME

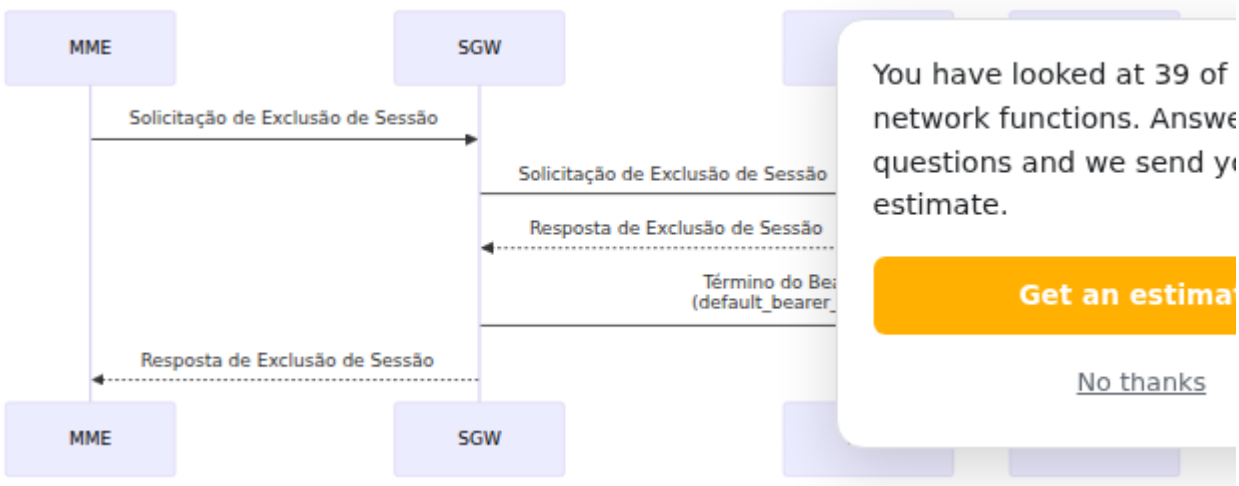


Impacto na Sessão:

- Sessão permanece ativa
- TEID permanece o mesmo
- Localização atualizada na sessão
- CDR continua com o mesmo ID de Cobrança

Handover Inter-MME (Com Mudança de SGW)

Cenário: UE se move para um MME diferente, novo SGW necessário



Impacto na Sessão:

- A sessão antiga termina, CDR registrado com indicação de "handover"
- Nova sessão criada com o mesmo ID de Cobrança
- O encaminhamento de dados mantém a conectividade
- O plano do usuário é redirecionado através do novo SGW-U

Atualização da Área de Rastreamento (TAU)

TAU sem Mudança de SGW:

```
UE atualiza localização
    ↓
MME envia Aceitação de TAU
    ↓
MME atualiza SGW com nova localização
    ↓
SGW modifica sessão (TAI, ECI)
    ↓
Sem interrupção de serviço
```

TAU com Mudança de SGW:

- Semelhante ao handover inter-MME
- Sessão migrada para novo SGW
- Coordenação de CDR entre o antigo e o novo SGW

Procedimentos de Handover

Fase de Preparação

Antes que o handover seja concluído:

1. **Seleção do Novo SGW-U** - Escolher caminho de encaminhamento
2. **Instalação de PDR** - Instalar novas regras de encaminhamento

3. **Ativação de Buffer** - Habilitar buffer para pacotes em trânsito
4. **Coordenação de Sinalização** - Troca de mensagens S11/S5/S8

Fase de Encaminhamento de Dados

Durante a transição do handover:

- **Bufferização no Antigo SGW-U** - Pacotes mantidos temporariamente
- **Bufferização no Novo SGW-U** - Pronto para receber
- **Túnel GTP** - Dados encaminhados do antigo para o novo caminho
- **Sequenciamento de Pacotes** - Manter a ordem

Fase de Conclusão

Após a conclusão do handover:

1. **Descarte de Buffer** - Pacotes em buffer liberados
2. **Mudança de Caminho** - Tráfego muda para o novo caminho
3. **Limpeza do Caminho Antigo** - Liberar regras de encaminhamento antigas
4. **Atualizações da Sessão** - Localização e TEID atualizados

---

Procedimentos Operacionais

Inspeção da Sessão

Monitore sessões ativas via Web UI:

```
1. Abra http://<sgw-ip>:<port>/ue_sessions
2. Veja todas as sessões UE ativas
3. Pesquise por IMSI, GUTI ou número de telefone
4. Clique na sessão para ver detalhes:
   - Localização (TAI, ECI)
   - Bearers ativos e QoS
   - Associação PGW-C
   - Informações do par TEID
   - ID de Cobrança
```

A visão geral das Sessões UE exibe todas as sessões ativas com identificadores chave:

Clique em qualquer sessão para ver detalhes abrangentes, incluindo TEIDs, localização, bearers e conexões PDN:

Veja o Guia de OPERAÇÕES para navegação na Web UI e instruções de acesso.

Monitoramento de Métricas

Acompanhe métricas de sessão:

```
# Contar sessões ativas
curl -s http://10.0.0.40:42068/metrics | grep active_ue_sessions

# Contar bearers ativos
curl -s http://10.0.0.40:42068/metrics | grep active_bearers

# Monitorar por APN
curl -s http://10.0.0.40:42068/metrics | grep sessions_by_apn

# Monitorar taxa de mensagens
curl -s http://10.0.0.40:42068/metrics | grep
s11_inbound_messages_total
```

Para uma referência completa das métricas disponíveis, painéis do Prometheus e configuração de alertas, consulte o Guia de Monitoramento & Métricas.

Término de Sessão Limpo

Para encerrar uma sessão de forma limpa:

1. **Gatilho via API:** Solicitar exclusão da sessão
2. **Aguardar conclusão:** Monitorar estado da sessão
3. **Verificar limpeza:** Verificar métricas
4. **Revisar CDR:** Confirmar registro final

Limites de Sessão

Monitore em relação à capacidade:

```
# Verificar carga atual
curl -s http://10.0.0.40:42068/metrics | \
  grep -E "active_ue_sessions|active_bearers" | \
  awk '{print $NF}'

# Alertar em 80% da capacidade licenciada
# Lidar de forma limpa ao atingir limites
```

Solução de Problemas

Sessão Não Estabelece

Sintoma: Solicitação de Criação de Sessão falha

Diagnóstico:

1. Verifique métricas para código de causa
2. Inspecione logs de erro S11
3. Verifique conectividade do PGW
4. Verifique disponibilidade do ID de Cobrança

Causas Comuns:

Causa	Solução
PGW inacessível	Verifique conectividade da rede S5/S8
Nenhum IP disponível	Verifique o status do pool de IP do PGW
APN não configurado	Verifique APN no PGW
Nenhum SGW-U disponível	Assegure que a associação do SGW-U esteja ativa
Desvio de política	Verifique a configuração da política do PGW

Sessão Cai Inesperadamente

Sintoma: Sessão ativa termina sem Solicitação de Exclusão

Diagnóstico:

1. Verifique logs para mensagens de erro
2. Monitore status de heartbeat do SGW-U
3. Verifique conectividade do PGW
4. Revise métricas para picos de erro

Causas Comuns:

Causa	Solução
Falha do SGW-U	Reinicie o SGW-U, monitore logs
Desconexão de rede	Verifique status da interface
Falha do PGW	Failover para PGW de backup
Timeout de mensagem	Aumente o timeout, verifique RTT

Falhas de Handover

Sintoma: Handover perde pacotes ou falha completamente

Diagnóstico:

1. Monitore mensagens de Modificação do Bearer
2. Verifique atualizações de regras PFCP
3. Verifique configuração de encaminhamento de dados
4. Verifique bufferização do bearer

Causas Comuns:

Causa	Solução
Bufferização desativada	Ative BAR nas regras PFCP
PDR não atualizado	Verifique se as modificações PFCP foram enviadas
Caminho de encaminhamento quebrado	Verifique o roteamento para o novo SGW-U
Tempo muito apertado	Aumente o timeout de handover

Alta Latência de Mensagens

Sintoma: Processamento de mensagens S11/S5S8 lento

Diagnóstico:

```
# Verifique a latência de mensagens
curl -s http://10.0.0.40:42068/metrics | \
  grep "inbound_duration_seconds"

# Verifique a profundidade da fila
curl -s http://10.0.0.40:42068/metrics | \
  grep queue_depth

# Verifique a carga do sistema
top -n1 | head -1
```

Soluções:

1. Aumente o timeout de mensagem se o RTT da rede estiver alto
2. Balanceie a carga entre várias instâncias do SGW-C
3. Monitore e reduza a taxa de mensagens
4. Verifique se há sessões travadas

Problemas de Geração de CDR

Sintoma: CDRs ausentes ou incompletos

Diagnóstico:

1. Verifique se o diretório CDR existe
2. Verifique permissões de gravação
3. Verifique espaço em disco
4. Revise erros de geração nos logs

Soluções:

```
# Monitore a geração de CDR
tail -f /var/log/sgw_c/cdrs/*

# Verifique permissões de arquivo
ls -la /var/log/sgw_c/cdrs/

# Assegure que o diretório seja gravável
chmod 755 /var/log/sgw_c/cdrs/
```

Veja o Guia de Formato de CDR para referência completa dos campos de CDR e detalhes de integração.

Melhores Práticas

Gerenciamento de Sessão

- **Monitore a Capacidade:** Acompanhe em relação aos limites licenciados
- **Alerta em Limiares:** Acione em 70-80% da capacidade
- **Degradação Limpa:** Drene antes da manutenção
- **Verificações de Saúde:** Monitore conectividade entre pares

Operações de Handover

- **Failover Rápido:** Configure heartbeat agressivo
- **Handover Limpo:** Assegure que a bufferização esteja habilitada
- **Redundância de Caminho:** Vários pares SGW-U
- **Testes:** Simulações regulares de handover

Coordenação de Cobrança

- **Verifique o ID de Cobrança:** Assegure alocação do PGW
- **Validação de CDR:** Compare CDRs do SGW e PGW
- **Correlação de Eventos:** Vincule eventos de CDR entre gateways
- **Arquivamento:** Armazenamento de CDR a longo prazo

Documentação da Interface Sxa

Comunicação PFCP com SGW-U

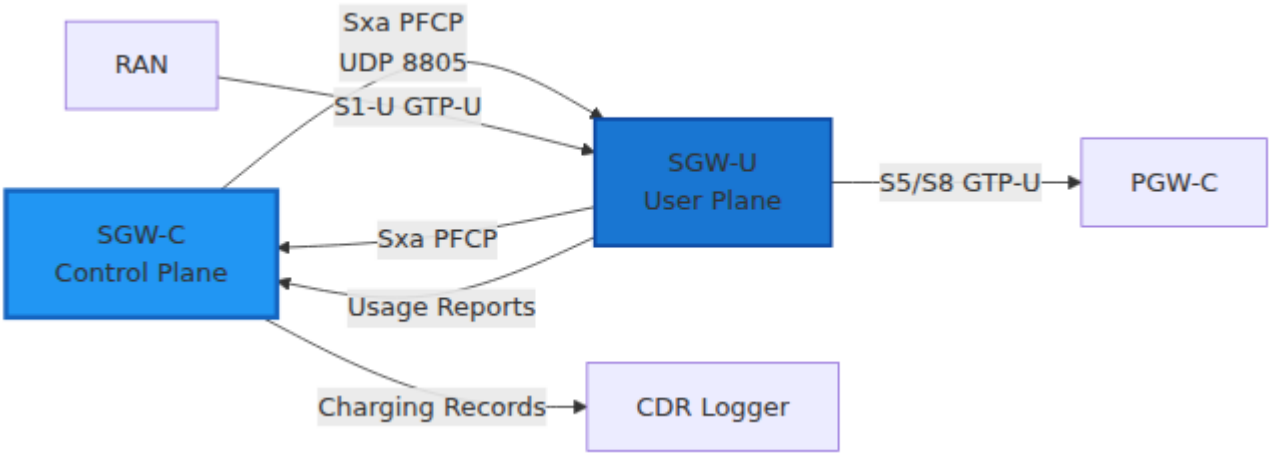
OmniSGW da Omnitouch Network Services

Índice

1. Visão Geral
2. Detalhes do Protocolo
3. Configuração
4. Associação PFCP
5. Gerenciamento de Sessão
6. Regras PFCP
7. Relatórios de Uso
8. Operações de Rede
9. Solução de Problemas

Visão Geral

A **interface Sxa** conecta o OmniSGW ao SGW-U (Serving Gateway User Plane) usando o protocolo **PFCP** (Packet Forwarding Control Protocol). Esta interface controla o encaminhamento de pacotes do plano do usuário, a aplicação de QoS e a geração de relatórios de uso.



Principais Recursos

- **PFCP v1.0** - Controle de encaminhamento de pacotes em conformidade com os padrões
- **Rastreamento de Sessão Baseado em SEID** - Identificadores de Ponto de Extremidade de Sessão para associação
- **Regras de Detecção de Pacotes** - Correspondência flexível de pacotes para uplink/downlink
- **Regras de Ação de Encaminhamento** - Controle de roteamento e encapsulamento de pacotes
- **Aplicação de QoS** - Limitação de taxa por portadora e priorização
- **Medição de Uso** - Rastreamento de volume para cobrança e análises
- **Controle de Buffering** - Buffering automático durante eventos de mobilidade

---

Detalhes do Protocolo

Versão PFCP 1.0

- **Protocolo:** PFCP v1.0 (3GPP TS 29.244)
- **Transporte:** UDP
- **Porta:** 8805 (padrão)
- **Tipo de Interface:** Control Plane

- **Modelo de Associação:** CP e UP formam associação persistente

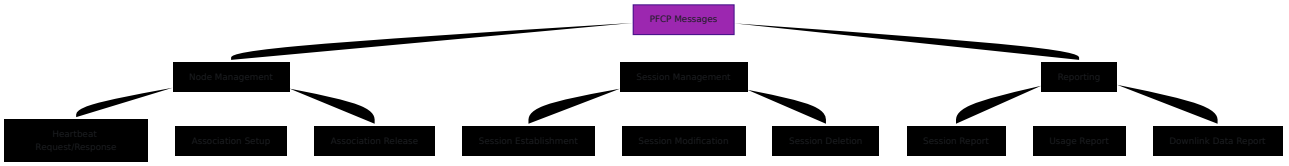
SEID (Identificador de Ponto de Extremidade de Sessão)

Cada sessão tem SEIDs únicos para rastreamento:

- **CP SEID** - Alocado pelo SGW-C, usado em mensagens de uplink para SGW-U
- **UP SEID** - Alocado pelo SGW-U, usado em mensagens de downlink para SGW-C

```
Message Routing:
  SGW-C → SGW-U: Uses SGW-U's UP SEID
  SGW-U → SGW-C: Uses SGW-C's CP SEID
```

Visão Geral dos Tipos de Mensagem



Configuração

Configuração Básica

```
# config/runtime.exs
config :sgw_c,
  sxa: %{
    # Endereço IP local para a interface Sxa
    local_ip_address: "10.0.0.20",

    # Opcional: Substituir a porta padrão
    local_port: 8805,

    # Pares SGW-U para conectar
    peers: [
      %{
        ip_address: "10.0.0.30",
        node_id: "sgw-u-1.example.com"
      },
      %{
        ip_address: "10.0.0.31",
        node_id: "sgw-u-2.example.com"
      }
    ],

    # Intervalo de heartbeat da associação (segundos)
    heartbeat_interval_s: 20,

    # Tempo limite para estabelecimento de sessão (milissegundos)
    session_timeout_ms: 5000,

    # Máximo de tentativas para operações de sessão
    max_retries: 3
  }
```

Requisitos de Rede

Regras de Firewall:

```
# Permitir PFCP da rede SGW-U
iptables -A INPUT -p udp --dport 8805 -s <sgwu_network>/24 -j
ACCEPT

# Permitir PFCP de saída para SGW-U
iptables -A OUTPUT -p udp --dport 8805 -d <sgwu_network>/24 -j
ACCEPT
```

Roteamento:

```
# Garantir rota para a rede SGW-U
ip route add <sgwu_network>/24 via <gateway_ip> dev eth0
```

Teste de Rede:

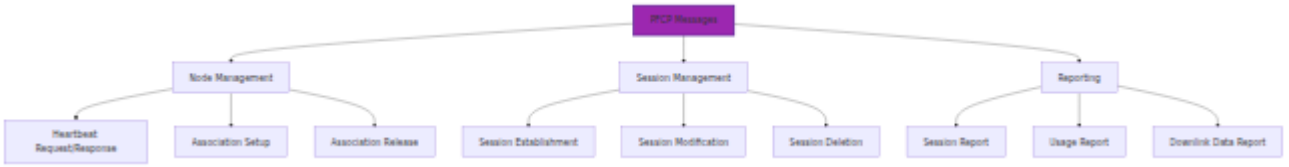
```
# Testar conectividade PFCP
# Verifique os logs para a mensagem "Association Setup Complete"

# Monitorar sessões PFCP ativas
curl http://127.0.0.40:42068/metrics | grep seid_registry_count
```

Associação PFCP

Ciclo de Vida da Associação

Antes que qualquer sessão possa ser estabelecida, SGW-C e SGW-U devem formar uma associação PFCP.



Máquina de Estado da Associação

```
[Disconnected]
    ↓ (Setup Request)
[Associating]
    ↓ (Setup Response OK)
[Associated]
    ↓ (Session Creates)
[Sessions Active]
    ↓ (Heartbeat Failure)
[Re-associating]
    ↓ (Setup OK or Timeout)
[Associated or Disconnected]
```

Tratamento de Recuperação

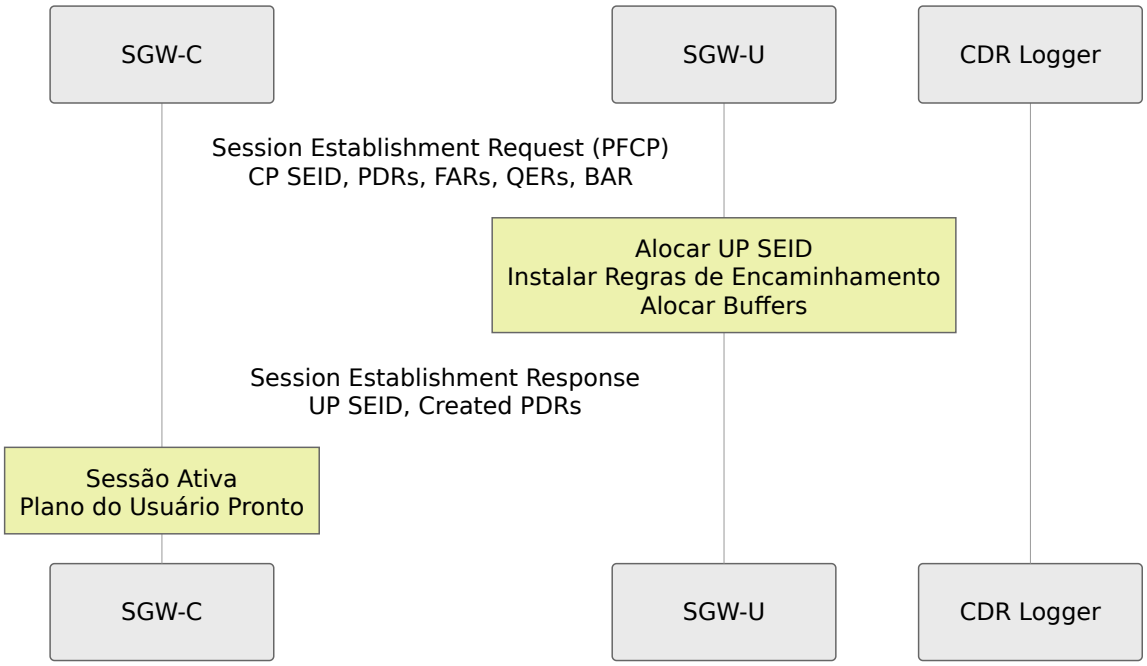
Se uma associação PFCP for perdida e recuperada:

1. **Detecção de Recuperação:**
    - O tempo limite do heartbeat aciona a recuperação
    - Nova Associação Setup enviada
    - Timestamp de Recuperação verificado
2. **Recuperação de Sessão:**
    - Sessões podem ou não ser recuperáveis
    - Consultar SGW-U para sessões existentes
    - Reestabelecer sessões perdidas se necessário
3. **Encaminhamento de Dados:**
    - Buffering do plano do usuário em SGW-U durante a recuperação
    - PDRs permanecem ativas até serem explicitamente excluídas
    - Minimizar perda de pacotes durante failover

Gerenciamento de Sessão

Estabelecimento de Sessão

Gatilho: Create Session Request do MME (recebido no S11)



Elementos de Informação Enviados:

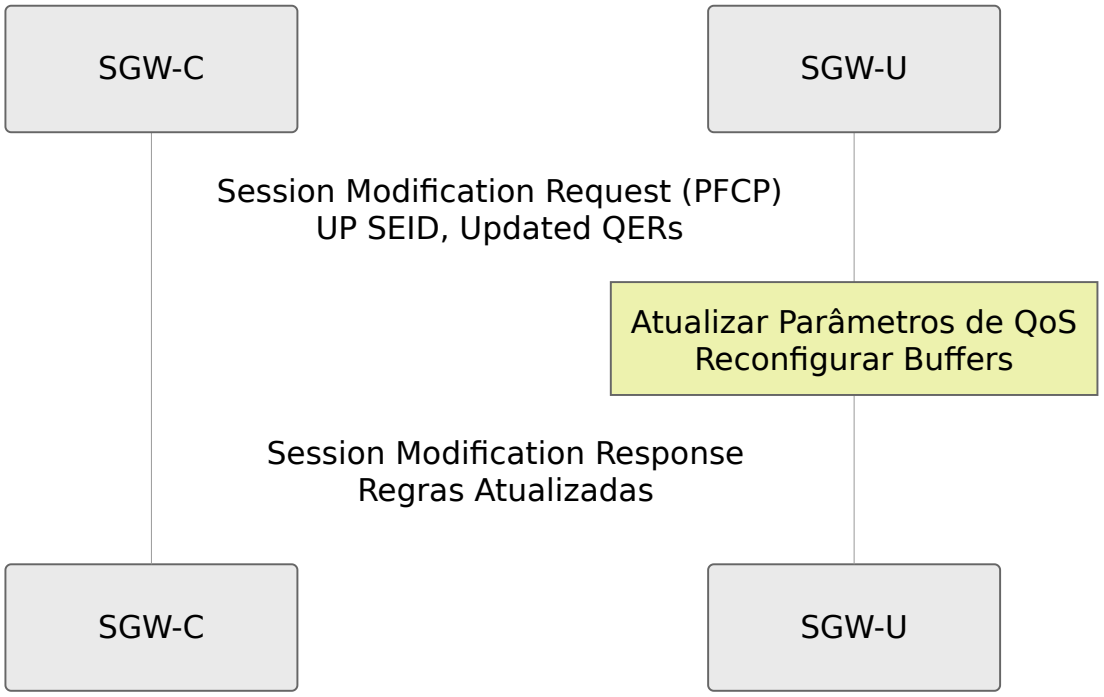
Elemento	Descrição
CP SEID	Alocado pelo SGW-C para esta sessão
PDRs	Regras de Detecção de Pacotes (veja abaixo)
FARs	Regras de Ação de Encaminhamento
QERs	Regras de Aplicação de QoS
BAR	Regra de Ação de Buffering para mobilidade
Create PDR	Identificadores de regra para resposta

Estado da Sessão:

```
[No Session]
    ↓ (Establishment Request)
[Establishing]
    ↓ (Establishment Response)
[Session Active]
```

Modificação de Sessão

Gatilho: Modify Bearer Request do MME (mudança de QoS, handover)

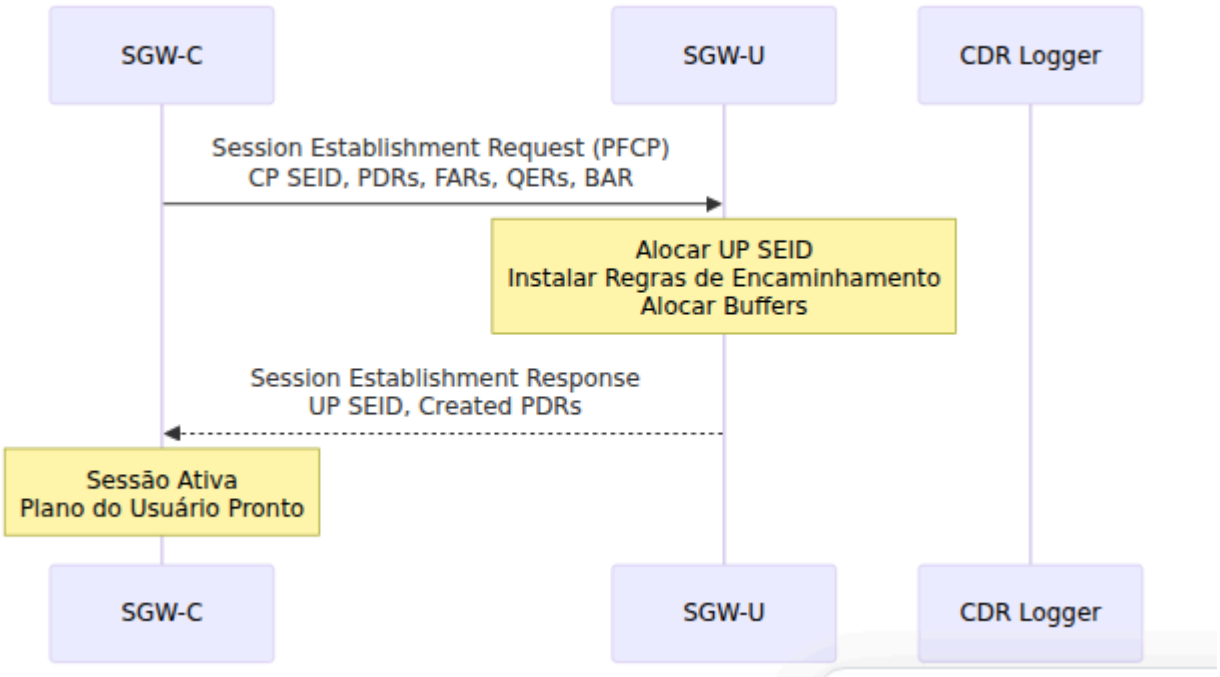


Modificações Comuns:

Modificação	Elementos Atualizados	Razão
Mudança de QoS	QERs	Atualização/diminuição da portadora
Handover	PDRs, FARs	Mudança de eNodeB, seleção de SGW-U
Adicionar Bearer	Novo PDR, FAR, QER	Ativação de portadora dedicada
Excluir Bearer	Remover PDR, FAR, QER	Desativação de portadora

Exclusão de Sessão

Gatilho: Delete Session Request do MME (desanexar)



Estado da Sessão:

```
[Session Active]
    ↓ (Deletion Request)
[Deleting]
    ↓ (Deletion Response)
[Session Terminated]
```

Regras PFCP

PDR (Regra de Detecção de Pacote)

Combina pacotes de entrada para identificar fluxos de tráfego.

Critérios de Detecção de Pacote:

Critério	Descrição	Exemplo
Interface de Origem	De onde o pacote chega	Acesso (S1-U), Core (S5/S8)
Endereço IP de Origem	Endereço IP do UE (para Acesso)	10.45.0.50
Endereço IP de Destino	IP da rede externa (para Core)	8.8.8.8
Tipo de Protocolo	Número do protocolo IP	TCP (6), UDP (17)
Porta de Origem	Correspondência de porta	1024-65535
Porta de Destino	Correspondência de porta	80 (HTTP), 443 (HTTPS)
TEID	Identificador de túnel GTP-U	Para pacotes de downlink

Estrutura do PDR:

```
PDR Structure:
├── PDR ID (único dentro da sessão)
├── Precedence (prioridade para regras sobrepostas)
├── Critérios de Detecção de Pacote
│   ├── Interface de Origem
│   ├── Instância de Rede (APN)
│   └── Endereço IP do UE / IP de Destino
├── FAR ID (qual regra de encaminhamento aplicar)
├── QER ID (qual regra de QoS aplicar)
└── Gatilho de Relatório de Uso
```

Exemplo de Caso de Uso - Bearer Padrão:

- Detecta: Todos os pacotes de/para o IP do UE
- Ação: Encaminhar através do PDN (direção PGW-U)
- QoS: Aplicado por portadora

Exemplo de Caso de Uso - Bearer Dedicado:

- Detecta: Pacotes que correspondem a um fluxo específico (intervalo de porta, protocolo)
- Ação: Encaminhar em caminho dedicado
- QoS: Tarifas premium (GBR)

FAR (Regra de Ação de Encaminhamento)

Especifica como lidar com pacotes correspondentes.

Ações de Encaminhamento:

Ação	Descrição	Caso de Uso
Encaminhar	Enviar pacote para a rede de destino	Encaminhamento normal
Buffer	Armazenar pacote temporariamente	Durante mobilidade/paging
Descartar	Dropar pacote	Aplicação de política, firewall
Duplicar	Enviar pacote para múltiplos destinos	Interceptação legal

Opções de Encapsulamento:

- **GTP-U** - Adicionar cabeçalho de túnel GTP-U (S1-U, S5/S8)
- **Ethernet** - Adicionar cabeçalho Ethernet (para interconexão direta)
- **IPv4** - Encaminhamento IPv4 simples (para saída para a internet)
- **IPv6** - Encaminhamento IPv6 simples

Exemplo - UE para Internet:

```
PDR Match: Source Interface = Access, UE IP = 10.45.0.50
FAR Action:
  - Forward = Yes
  - Outer Header Encap = None (direct internet)
  - Forwarding Parameters = Internet gateway
```

QER (Regra de Aplicação de QoS)

Aplica limites de taxa por portadora.

Parâmetros de QoS:

Parâmetro	Tipo	Descrição
QCI	Inteiro	Identificador de Classe de QoS (1-9)
MBR (Bitrate Máximo)	Bitrate	Taxa máxima permitida
GBR (Bitrate Garantido)	Bitrate	Taxa mínima garantida
ARP	Inteiro	Prioridade de Alocação e Retenção (1-15)

Classes de QoS (QCI):

QCI	Tipo de Serviço	Exemplos de Bitrate
1	Voz (GBR)	MBR: 64 kbps
2	Chamada de Vídeo (GBR)	MBR: 256 kbps
3	Jogos em Tempo Real (GBR)	MBR: 50 kbps
4	Não-GBR	GBR: 128 kbps, MBR: 256 kbps
5	Sinalização IMS	GBR: 100 kbps, MBR: 256 kbps
6	Streaming de Vídeo	MBR: 10 Mbps
7	Voz com Vídeo (GBR)	GBR: 64 kbps, MBR: 384 kbps
8	Navegação na Web	MBR: 5 Mbps
9	Email	MBR: 3 Mbps

Exemplo - Bearer Padrão (QCI 9):

```
QCI: 9 (Melhor Esforço)
MBR: 100 Mbps (dependente do site)
GBR: Nenhum (não-GBR)
ARP: 15 (menor prioridade)
```

Exemplo - Bearer Dedicado de Voz (QCI 1):

```
QCI: 1 (Voz)
MBR: 128 kbps (uplink + downlink)
GBR: 64 kbps (garantido)
ARP: 1 (maior prioridade)
```

BAR (Regra de Ação de Buffering)

Controla o buffering de pacotes durante eventos de mobilidade.

Cenários de Buffering:

1. **Buffering de Handover:**
    - UE transfere entre eNodeBs
    - Pacotes são armazenados enquanto se movem
    - Liberados quando o handover é concluído
2. **Buffering de Paging:**
    - UE em estado ocioso (portadoras suspensas)
    - Dados de downlink chegam
    - Armazenados até o UE reativar
3. **Realocação do SGW:**
    - Durante handover inter-MME com mudança de SGW
    - SGW antigo armazena e encaminha para o novo SGW
    - Entrega ordenada mantida

Configuração do BAR:

```
BAR Settings:
├── Buffer Timeout: Quanto tempo manter pacotes
├── Packet Count Threshold: Máx. pacotes armazenados
└── Downlink Data Report Trigger
    └── Enviar notificação ao CP quando os dados chegarem
```

Relatórios de Uso

Mensagens de Relatório de Uso

SGW-U envia relatórios de uso para SGW-C para cobrança e análises.



Gatilhos de Relatório de Uso

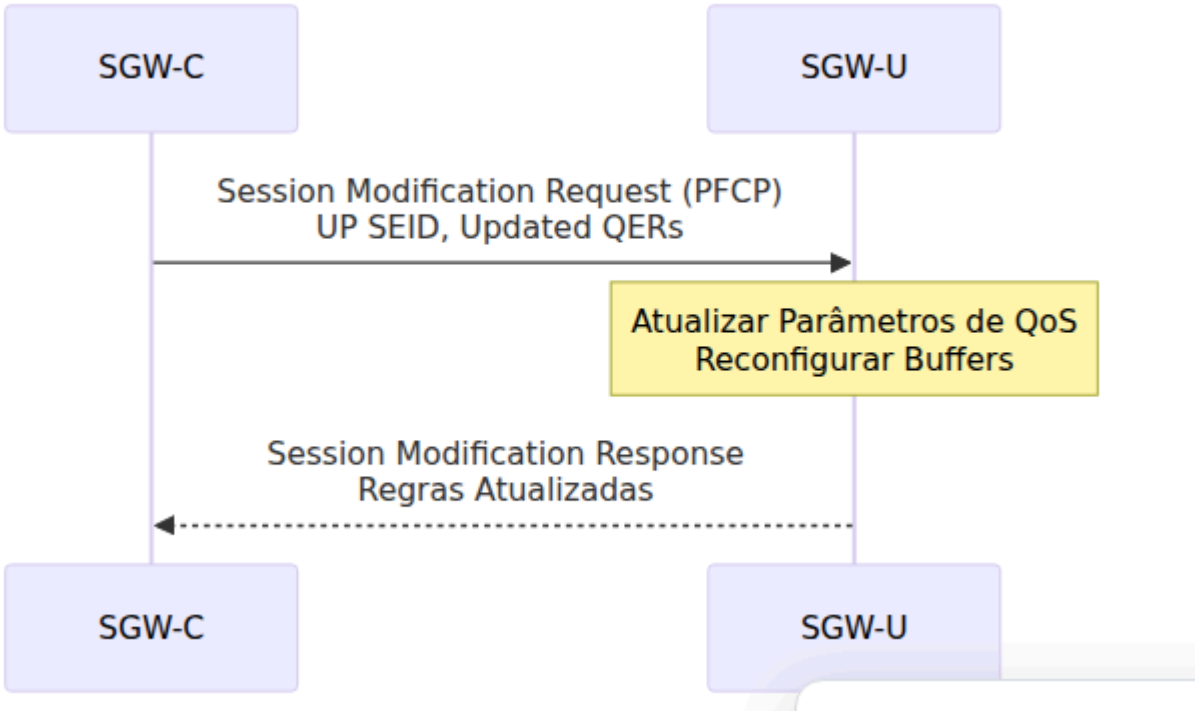
Relatórios são enviados quando:

Gatilho	Condição
Período de Tempo	Relatório periódico a cada N segundos
Limite de Volume	Após N octetos encaminhados
Limite de Duração	Após N segundos de encaminhamento
Fim da Sessão	Quando a sessão é excluída
Modificação	Quando as regras são atualizadas
Relatório Imediato	Solicitado na mensagem de modificação

Campos do Relatório de Uso

```
Usage Report:
├── Usage Report Trigger: O que causou este relatório
├── UR-SEQN: Número de sequência para ordenação
├── Informação de Uso por Bearer:
│   ├── EBI: Identificador da portadora
│   ├── Medição de Volume
│   │   ├── UL: Octetos de uplink
│   │   ├── DL: Octetos de downlink
│   │   ├── Total: Total de octetos
│   │   └── Pacotes: Total de pacotes
│   ├── Medição de Duração: Segundos ativos
│   └── Hora do Primeiro/Último Pacote: Timestamps
└── Query UR: Solicitar relatório imediato
```

Fluxo de Geração de CDR



Operações de Rede

Monitoramento de Associação PFCP

Monitore associações PFCP ativas:

```
# Verifique o status da associação
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep pfcp_association

# Saída esperada:
# pfcp_association_status{peer_ip="10.0.0.30"} 1  (associado)
# pfcp_association_status{peer_ip="10.0.0.31"} 1  (associado)

# Web UI → Página de Status SGW-U
# Mostra todos os pares com status "Associado" e informações de
recuperação
```

Métricas de Sessão

Monitore sessões PFCP ativas:

```
# Contar sessões ativas
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep seid_registry_count

# Monitorar distribuição por SGW-U
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep seid_by_peer

# Taxa de uso (octetos/segundo)
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep usage_octets_rate
```

Monitoramento do Fluxo de Mensagens

Acompanhe a atividade das mensagens PFCP:

```
# Monitorar todas as mensagens PFCP
watch -n 1 'curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep sxa_inbour

# Exemplo de saída:
#
sxa_inbound_messages_total{message_type="session_establishment_respor
5432
#
sxa_inbound_messages_total{message_type="session_modification_respons
12100
# sxa_inbound_messages_total{message_type="session_report_request"} 0
```

Verificação da Instalação de Regras

Verifique se as regras estão devidamente instaladas no SGW-U:

```
# Monitorar sucessos/falhas no estabelecimento de sessão
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep
sxa_session_establishment

# Verifique se há problemas de instalação de PDR
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep pdr_installation

# Procure por timeouts
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep sxa_timeout_total
```

Solução de Problemas

Falhas de Associação

Problema: "Association Setup Failed"

Diagnóstico:

1. Verifique a conectividade de rede: `ping <sgwu_ip>`
2. Verifique a porta: `netstat -an | grep 8805`

3. Verifique os logs para detalhes de erro

Causas Comuns & Soluções:

Causa	Sintoma	Solução
Rede inacessível	Timeout na configuração	Verifique o roteamento para SGW-U
Porta bloqueada	Conexão recusada	Verifique as regras do firewall
SGW-U fora do ar	Sem resposta	Reinicie o processo SGW-U
Mismatch de Node ID	Configuração rejeitada	Verifique a configuração

Falhas no Estabelecimento de Sessão

Problema: "Session Establishment Failed"

Diagnóstico:

```
# Verifique as métricas
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep seid_registry_count

# Verifique os logs para erro específico
tail -f /var/log/sgw_c/sgw_c.log | grep "Session Establishment"
```

Causas Comuns:

Causa	Mensagem de Erro	Solução
SGW-U sem recursos	"Insufficient resources"	Verifique a capacidade do SGW-U
PDR inválido	"Mandatory IE missing"	Verifique as definições de regra
Conflito de SEID	"SEID already exists"	Verifique a duplicação de sessão
Timeout	"Session establishment timeout"	Aumente o tempo limite ou verifique o SGW-U

Problemas com Relatórios de Uso

Problema: "Usage Reports Missing"

Diagnóstico:

```
# Verifique a contagem de relatórios
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep
session_report_request_total

# Monitore a geração de CDR
tail -f /var/log/sgw_c/cdrs/<timestamp>
```

Soluções:

- Verifique se o heartbeat do SGW-U está ativo
- Verifique a configuração do gatilho do Relatório de Sessão
- Certifique-se de que as permissões do diretório CDR estão corretas
- Monitore o estouro do buffer do SGW-U

Problemas de Desempenho

Problema: Alta latência de mensagens PFCP

Métricas a Verificar:

```
# Duração do processamento de mensagens
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep
sxa_inbound_duration_seconds

# Carga de sessão por par
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep seid_by_peer

# Profundidade da fila
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep pfcp_queue_depth
```

Etapas de Otimização:

1. Balancear carga entre múltiplos pares SGW-U
2. Aumentar o tempo limite do heartbeat se a rede for instável
3. Monitorar e reduzir a complexidade das regras
4. Escalar horizontalmente com instâncias adicionais de SGW-C

Para referência completa de métricas, configuração de painel e configuração de alertas, consulte o Guia de Monitoramento & Métricas.

Melhores Práticas

Configuração

- **Intervalo de Heartbeat:** Defina para 20-30 segundos para detecção confiável
- **Tempo Limite de Sessão:** 5-10 segundos com base na RTT da rede
- **Máximo de Tentativas:** 2-3 para equilibrar confiabilidade e latência
- **Seleção de Pares:** Distribua a carga entre todos os pares SGW-U

Operações

- **Redundância de Pares:** Configure múltiplas instâncias de SGW-U para failover
- **Recarregamento Gracioso:** Suporte a atualizações de software em servi��o
- **Drenagem de Sessão:** Migre sessões antes da manutenção
- **Monitoramento:** Acompanhe a frequência de recuperação de associações

Solução de Problemas

- **Mantenha Logs:** Retenha rastros de mensagens PFCP para depuração
- **Correlação:** Vincule mensagens S11 a operações de sessão PFCP
- **Métricas de Base:** Estabeleça uma linha de base de desempenho normal
- **Teste Cenários de Falha:** Pratique procedimentos de failover do SGW-U
