

Formato de 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 **Data CDR (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 bearer, uso de dados e informações de assinantes 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 do bearer
- **Medição de volume** - Registra o uso de dados de uplink e downlink
- **Rotação automática** - Rotação de arquivos configurável com base em intervalos de tempo
- **Compatível com 3GPP** - Segue 3GPP TS 32.251 (cobrança de domínio PS) e TS 32.298 (codificação de 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 de bearer
Planejamento de Capacidade	Monitorar a utilização de recursos da rede
Solução de Problemas	Depurar problemas de sessão e bearer

Formato do Arquivo CDR

Convenção de Nomenclatura de Arquivo

```
<epoch_timestamp>
```

Exemplo:

```
1726598022
```

O nome do arquivo é o timestamp da época Unix (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:

```
# Data CDR File:
# File Start Time: HH:MM:SS (unix_timestamp)
# File End Time: HH:MM:SS (unix_timestamp)
# Gateway Name: <gateway_name>
#
epoch,imsi,event,charging_id,msisdn,ue_imei,timezone_raw,plmn,tac,eci
```

Campos do Cabeçalho:

- **File Start Time** - Quando o arquivo CDR foi criado (legível por humanos e timestamp Unix)
 - **File End Time** - Quando a rotação do arquivo ocorrerá (legível por humanos e timestamp Unix)
 - **Gateway Name** - Identificador para a instância SGW-C
 - **Column Headers** - Nomes dos campos CSV para os registros de dados
-

Campos do CDR

Resumo dos Campos

Posição	Nome do Campo	Tipo	Descrição
0	epoch	inteiro	Timestamp do evento (segundos da época Unix)
1	imsi	string	Identidade Internacional do Assinante Móvel
2	event	string	Tipo de evento do CDR (por exemplo, "default_bearer_start")
3	charging_id	inteiro	Identificador de cobrança único para o bearer
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	inteiro	Identificador da Rede Móvel Pública
8	tac	inteiro	Código da Área de Rastreamento
9	eci	inteiro	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 IPv6)
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	inteiro	Identificador da Classe de QoS
15	octets_in	inteiro	Volume de dados de downlink (bytes)
16	octets_out	inteiro	Volume de dados de uplink (bytes)

Eventos do CDR

Tipos de Eventos

Os CDRs são gerados para três tipos de eventos:

Tipo de Evento	Formato	Descrição	Quando Gera
Início do Bearer	<type>_bearer_start	Estabelecimento do bearer	Resposta de Criação de Sessão enviada
Atualização do Bearer	<type>_bearer_update	Relato de uso durante a sessão	Relatórios de uso periódicos do plano de usuário
Término do Bearer	<type>_bearer_end	Término do bearer	Solicitação/Resposta de Exclusão de Sessão

Tipos de Bearer:

- `default` - Bearer padrão (um por conexão PDN)
- `dedicated` - Bearer dedicado (zero ou mais por conexão PDN)

Exemplos de Eventos

<code>default_bearer_start</code>	- Bearer padrão estabelecido
<code>default_bearer_update</code>	- Atualização de uso do bearer padrão
<code>default_bearer_end</code>	- Bearer padrão terminado
<code>dedicated_bearer_start</code>	- Bearer dedicado estabelecido
<code>dedicated_bearer_update</code>	- Atualização de uso do bearer dedicado
<code>dedicated_bearer_end</code>	- Bearer dedicado terminado

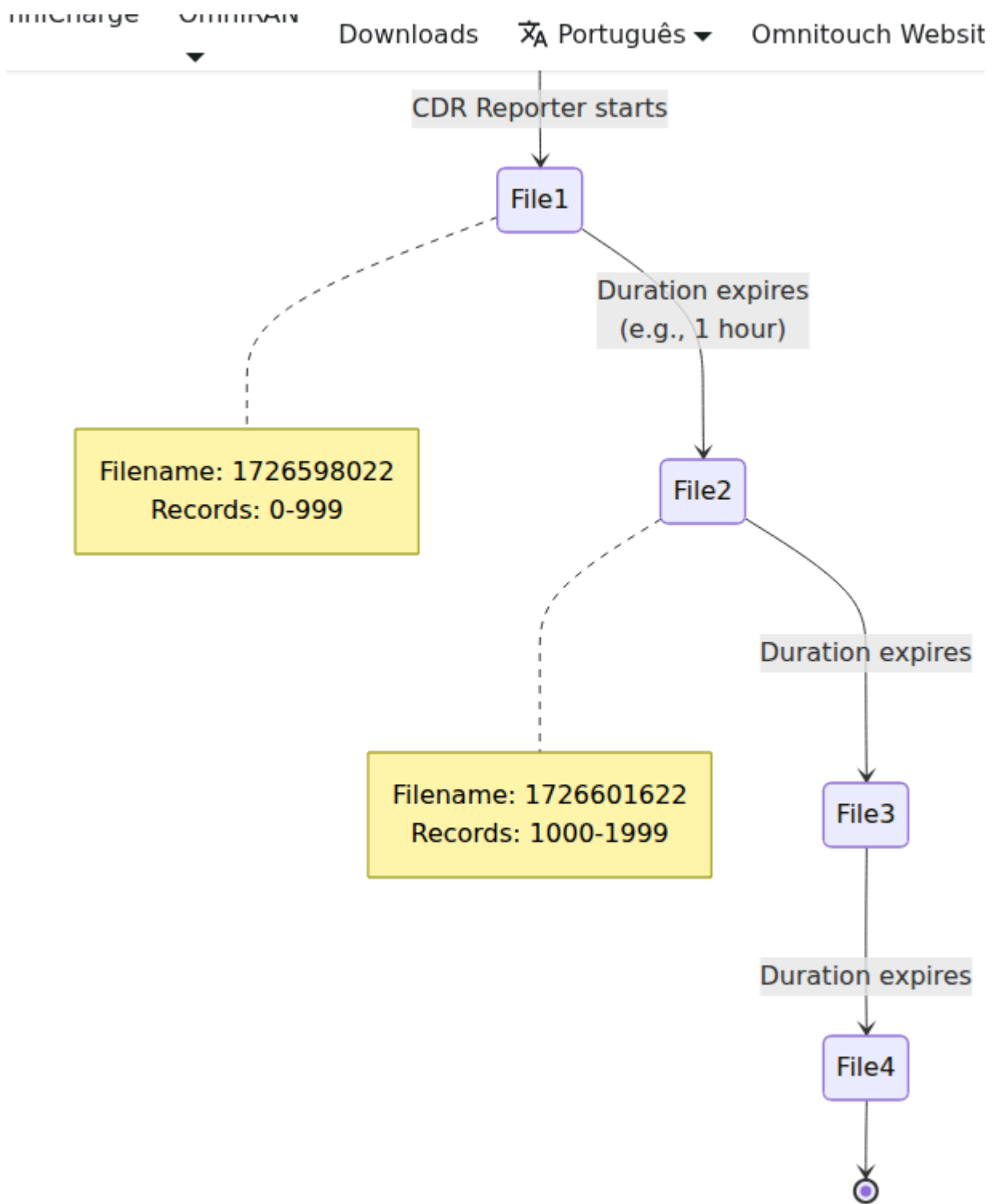
Estrutura do Arquivo

Exemplo de Arquivo CDR

```
# Data CDR File:
# File Start Time: 18:53:42 (1726598022)
# File End Time: 19:53:42 (1726601622)
# Gateway Name: 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 cabeçalho no novo arquivo
4. Continuar gravando CDRs no novo arquivo

Configuração

Parâmetros de Configuração

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

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:

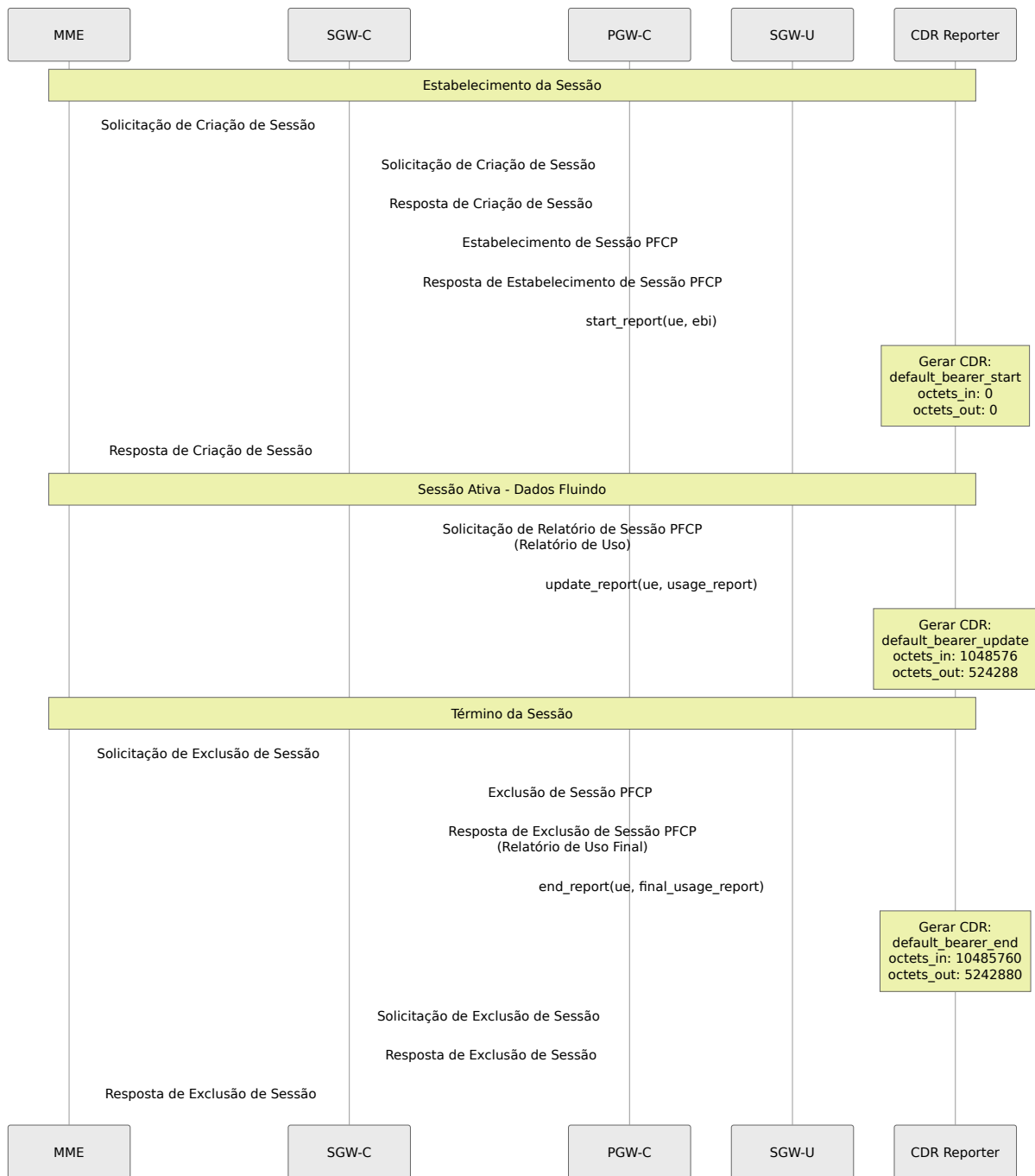
- **gateway_name:** "sgw-c-prod-heavy"

- **duration:** 1.800.000 ms (rotação de 30 minutos)
 - **directory:** "/mnt/fast-storage/cdrs"
-

Fluxo de Geração do CDR

Eventos do Ciclo de Vida do Bearer CDR

Geração de CDR do SGW-C:



Eventos de Geração do CDR

1. Início do Bearer:

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

2. Atualização do Bearer:

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

3. Término do Bearer:

- **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 da época Unix (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 do 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 do bearer (comparação EBI vs LBI)

4. charging_id (Identificador de Cobrança)

Tipo: Inteiro não assinado de 32 bits

Descrição: Identificador único para correlação 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 bearer

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

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

Faixa: 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)

Faixa: 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 em colon (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 em colon (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 que identifica 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
- Direciona 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 do bearer

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

Valores de QCI Padronizados:

QCI	Tipo de Recurso	Prioridade	Atraso de Pacote	Perda de Pacote	Serviço 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}	Bearer Padrão

Exemplo:

9 → Bearer padrão (esforço máximo)

Fonte: Parâmetros de QoS do bearer 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. Bearer estabelecido
2. 5 minutos depois: Atualização de uso (10 MB down, 5 MB up)
3. Sessão terminada

Saída do CDR:

```
# Data CDR File:
# File Start Time: 10:00:00 (1726570800)
# File End Time: 11:00:00 (1726574400)
# Gateway Name: sgw-c-01
# epoch,imsi,event,charging_id,msisdn,ue_imei,timezone_raw,plmn,tac,e
1726570800,310260111111111,default_bearer_start,10001,1555111111,111
1726571100,310260111111111,default_bearer_update,10001,1555111111,11
1726571400,310260111111111,default_bearer_end,10001,1555111111,11111
```

Exemplo 2: Sessão Dual-Stack com Múltiplas Atualizações

Linha do Tempo:

1. Bearer dual-stack estabelecido (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 Bearer Dedicado

Linha do Tempo:

1. Bearer padrão estabelecido (QCI 9)
2. Bearer dedicado criado para vídeo (QCI 6)
3. Atualizações de uso para ambos os bearers
4. Bearer dedicado excluído
5. Bearer padrão terminado

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
```

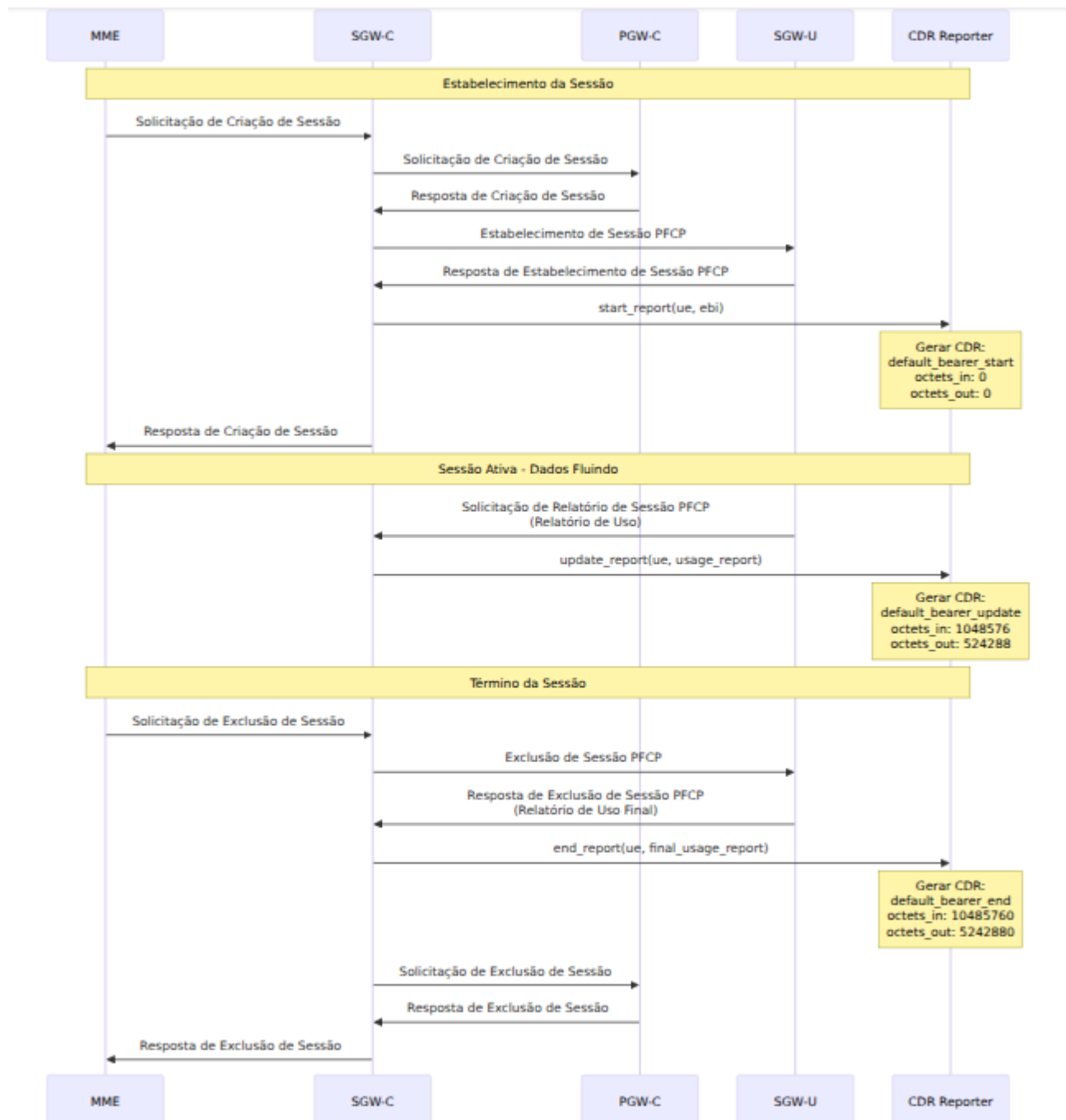
Análise:

- O bearer padrão (10003) transporta tráfego de fundo (10 MB down, 4 MB up)
- O bearer dedicado (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:

```
# Tail e stream para 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](#) - Relato de uso do SGW-U
- [Guia de Monitoramento](#) - Métricas e alertas

Referências 3GPP

- TS 32.251 - Cobrança de domínio Packet Switched (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 de CDR

Formato 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 - alterações em `runtime.exs` entram em vigor na reinicialização sem recompilação.

Visualize a configuração de runtime atual através da página de Configuração da Interface 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 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 painéis 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, painéis do Prometheus e configuração de alertas, consulte 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 a porta padrão  
    local_port: 2123,  
  
    # Timeout 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 a 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  
  }  
}
```

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-espera)
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 a 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,  
  
    # Timeout 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"  
}
```

Operadora 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)
pgw_peers = Enum.map(pgw_peers, &Map.to_atom/1)

# Analisar pares SGW-U do ambiente
sgwu_peers_env = System.get_env("SGWU_PEERS", "[]")
{:ok, sgwu_peers} = Jason.decode(sgwu_peers_env)
sgwu_peers = Enum.map(sgwu_peers, &Map.to_atom/1)

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 para 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] Starting SGW-C...  
# [info] Starting Metrics Exporter on 10.0.0.40:42068  
# [info] Starting S11 Broker on 10.0.0.10  
# [info] Starting S5/S8 Broker on 10.0.0.15  
# [info] Starting Sxa Broker on 10.0.0.20  
# [info] OmniSGW successfully started
```

Verificar Configuração Ativa

```
# Verifique se as métricas estão acessíveis  
curl http://10.0.0.40:42068/metrics | head -20  
  
# Verifique se a porta S11 está ouvindo  
netstat -an | grep 2123  
  
# Verifique a 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:


```
# Encontre o processo usando a porta
lsof -i :2123

# Mate o processo existente ou use uma 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:

```
# Verifique o IP do PGW
ping 10.0.0.20

# Verifique as regras do firewall
iptables -L | grep 2123

# Teste a conectividade
nc -u -v 10.0.0.20 2123
```

"Não é possível alcançar SGW-U"

Problema: A associação Sxa falha

Solução:

```
# Verifique se o SGW-U é alcançável
ping 10.0.0.30

# Verifique a porta PFCP
netstat -an | grep 8805

# Verifique 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

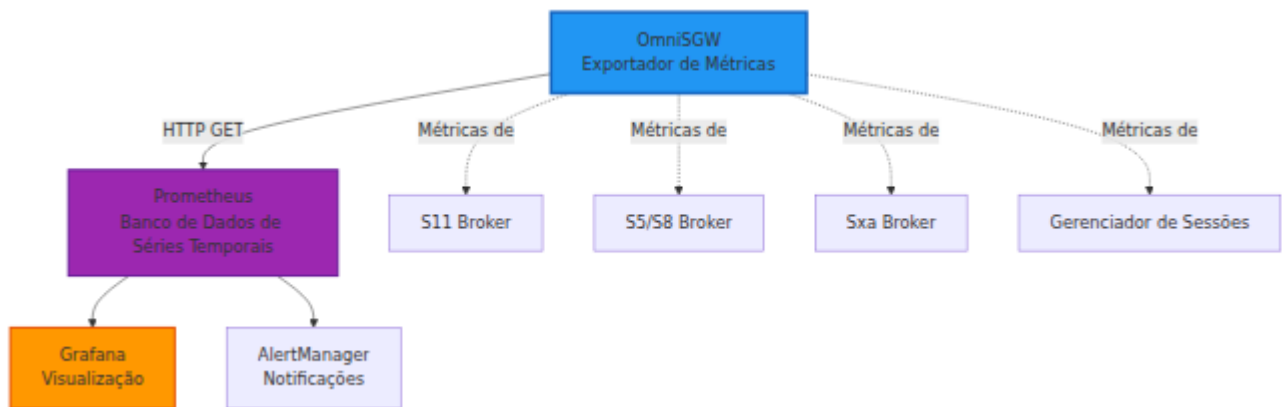
Índice

1. [Visão Geral](#)
 2. [Exportador de Métricas](#)
 3. [Métricas Disponíveis](#)
 4. [Configuração do Prometheus](#)
 5. [Painéis do 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), veja 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
│   400 ─ 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 tipos de solicitação do 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": Sem recursos disponíveis

| └─ 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:

```
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 do 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 (Mapa de Calor)
- └─ 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 (Mapa de Calor)
- └─ Distribuição de Duração de 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 da Associação PFCP:

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

Regras de Alerta

Arquivo de Regras de Alerta

sgw-c-alerts.yml:

```

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

    # Alertas de latência de mensagem
    - 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 o AlertManager

alertmanager.yml:


```
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 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: Verificar status do S11

Solução de Problemas

Métricas Não Aparecendo

Problema: Endpoint de métricas vazio ou 404

Diagnóstico:

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

# Verificar logs para erros do exportador de métricas
tail -f /var/log/sgw_c/sgw_c.log | grep -i metric

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

Soluções:

1. Reiniciar o processo SGW-C
2. Verificar se o IP/porta de métricas não está bloqueado pelo firewall
3. Verificar configuração do endereço de ligação
4. Garantir memória suficiente para coleta de métricas

Métricas Faltando para Interface Específica

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

Diagnóstico:

1. Verificar se a interface está configurada
2. Verificar se a interface está ativa
3. Monitorar logs para erros de conexão

Solução:

- Verificar acessibilidade do par
- Verificar ligação da interface
- Revisar configuração

Alto Uso de Memória

Problema: Exportador de métricas consumindo memória excessiva

Diagnóstico:

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

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

Soluções:

1. Reduzir intervalo de polling de métricas
 2. Limitar número de amostras de métricas
 3. Implementar política de retenção de métricas
 4. Escalar para várias instâncias
-

Melhores Práticas

Coleta de Métricas

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

Design de Painéis

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

Estratégia de Alerta

- **Hierarquia:** Crítico → Aviso → Informação
- **Escalonamento:** Notificar o responsável por alertas críticos
- **Ajuste de Limites:** Base de referência e depois +20% para aviso
- **Testes Regulares:** Testar 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

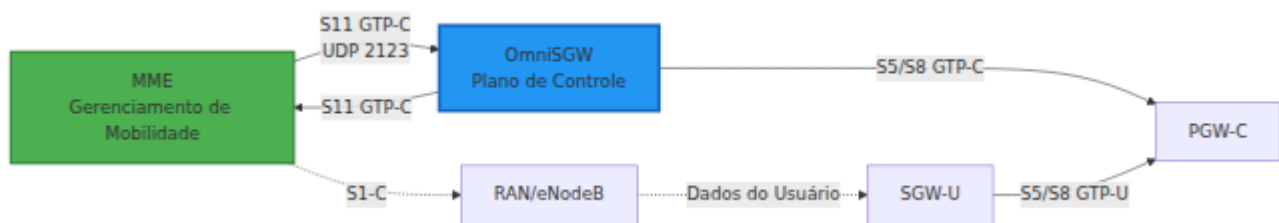
OmniSGW da Omnitouch Network Services

Índice

1. [Visão Geral](#)
 2. [Detalhes do Protocolo](#)
 3. [Configuração](#)
 4. [Tipos de Mensagens](#)
 5. [Estabelecimento de Sessão](#)
 6. [Modificação de Sessão](#)
 7. [Término 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 todos os sinais do plano de controle para gerenciamento de sessão de UE, operações de bearer e procedimentos de mobilidade.



Principais Características

- **Protocolo GTP-C v2** - Sinalização de mensagens compatível com os padrões
 - **Roteamento baseado em TEID** - Identificadores de ponto final de túnel para rastreamento de sessão
 - **Gerenciamento de Sessão com Estado** - Mantém o contexto da UE entre as mensagens
 - **Suporte a Handover** - Coordena mobilidade inter-MME e intra-MME
 - **Operações de Bearer** - Criar, modificar e excluir bearers
 - **Notificações de Dados de Downlink** - Paging 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:** Solicitação/resposta bidirecional

TEID (Identificador de Ponto Final 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 Final de Túnel
- |— Número de Sequência (24 bits): Para correspondência de solicitação/resposta
- |— Reservado (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 dual-stack)
    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)
# Verifique os 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

Solicitação 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	DateTime	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 solicitação (sucesso/falha)
Contexto de Bearer	Agrupado	Informações do bearer alocado com TEID
Alocação de Endereço PDN	Agrupado	Endereço IP alocado do PGW
Restrição de APN	Enum	Restrições de APN

Mensagens de Modificação de Sessão

Solicitação de Modificação de Bearer (S11)

Direção: MME → OmniSGW (solicitação iniciada do MME)

Propósito: Modificar parâmetros do bearer durante a 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	DateTime	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

Solicitação/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
- Solicitação de streaming de vídeo
- Ativação de jogo online

Solicitação/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

Solicitação/Resposta de Liberação de Bearers de Acesso

Direção: MME → OmniSGW

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

Efeitos:

- Bearers permanecem no contexto, mas suspensos
- Encaminhamento do plano do usuário pausado
- Buffering de dados iniciado no SGW-U
- UE pode retomar com solicitação de serviço

Solicitação/Resposta de Modificação de Bearers de Acesso

Direção: OmniSGW → MME ou MME → OmniSGW

Propósito: Atualizar acesso ao bearer durante handover ou recuperação

Mensagens de Paging

Notificação de Dados de Downlink (S11)

Direção: PGW-C → OmniSGW → MME

Propósito: Notificar o MME sobre dados de 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 de Downlink

Atualização da Área de Rastreamento (TAU)

TAU sem Mudança de SGW:

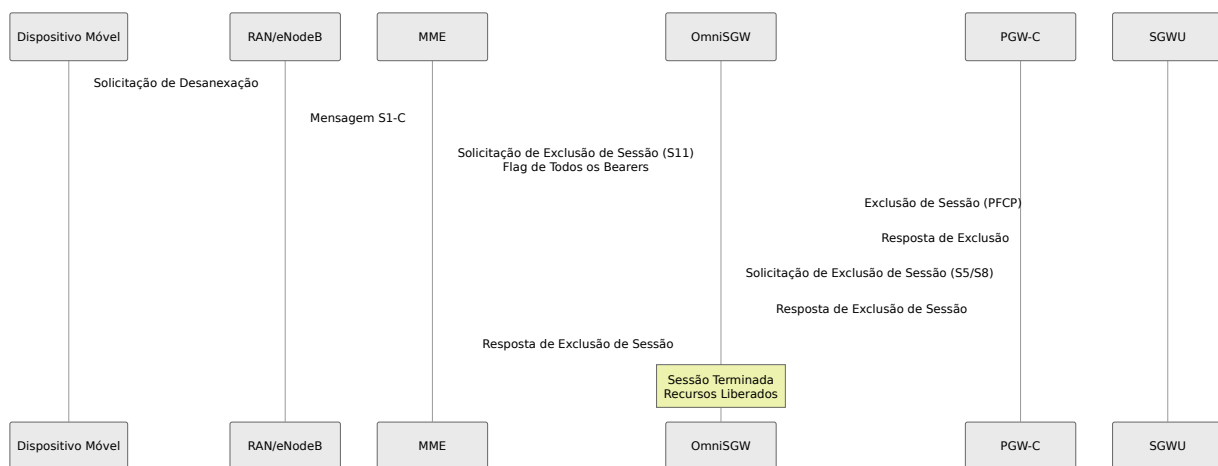
- MME atualiza a localização da UE
- ULI/TAI enviado ao SGW via Modificação de Bearer
- SGW atualiza o contexto local da UE
- Nenhuma realocação de sessão necessária

TAU com Mudança de SGW:

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

Término de Sessão

Término Normal de Sessão



Transições de Estado:

```
[Sessão Ativa]
  ↓ (Solicitação 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:

UI 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 solicitações de modificação de bearer (indicam handovers)
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep
modify_bearer_request_total

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

Solução de Problemas

Falhas no Estabelecimento de Sessão

Problema: Solicitação de Criação de Sessão rejeitada

Diagnóstico:

1. Verifique UI Web → Sessões de UE para 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 em IE	Verifique o contexto do bearer na solicitação
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
# UI Web → Sessões de UE → pesquisar por IMSI
```

Causas Comuns:

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

Problemas de Handover

Problema: Handover falha ou perda de dados

Diagnóstico:

1. Monitore Solicitação/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 Desempenho

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
```

Etapas de Otimização:

1. Reduzir operações de Modificação de Bearer desnecessárias
2. Monitorar e otimizar o tempo de estabelecimento da 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 painel, consulte o [Guia de Monitoramento & Métricas](#).

Melhores Práticas

Configuração

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

Operações

- **Limites de Sessão:** Monitorar vs. capacidade para evitar sobrecarga
- **Monitoramento de Parceria:** Rastrear status de conectividade do MME
- **Rastreamento de Erros:** Alertar sobre aumento sustentado na taxa de erro S11
- **Desligamento Gradual:** Drenar 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 de MME autorizados
 - **Monitoramento:** Alertar sobre conexões inesperadas de pares
-

Resumo de Referência de Mensagens

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

Documentação da Interface S5/S8

Comunicação GTP-C com PGW-C

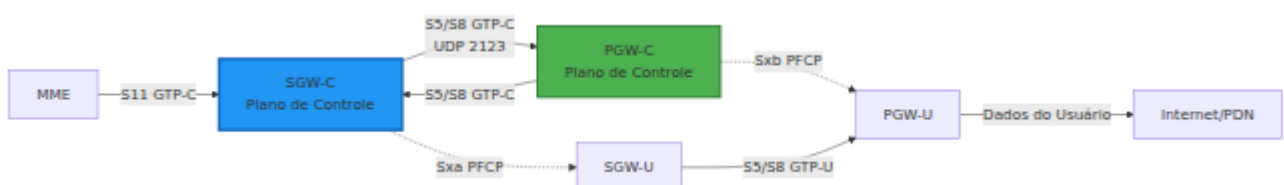
OmniSGW da Omnitouch Network Services

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 sinalizador 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 de extremidade 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** - Provisão de IP do 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 de Extremidade do Tunnel)

Cada sessão PDN possui TEIDs únicos para ambas as direções:

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

Fluxo da 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 SGW e CDRs do 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 a 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
```

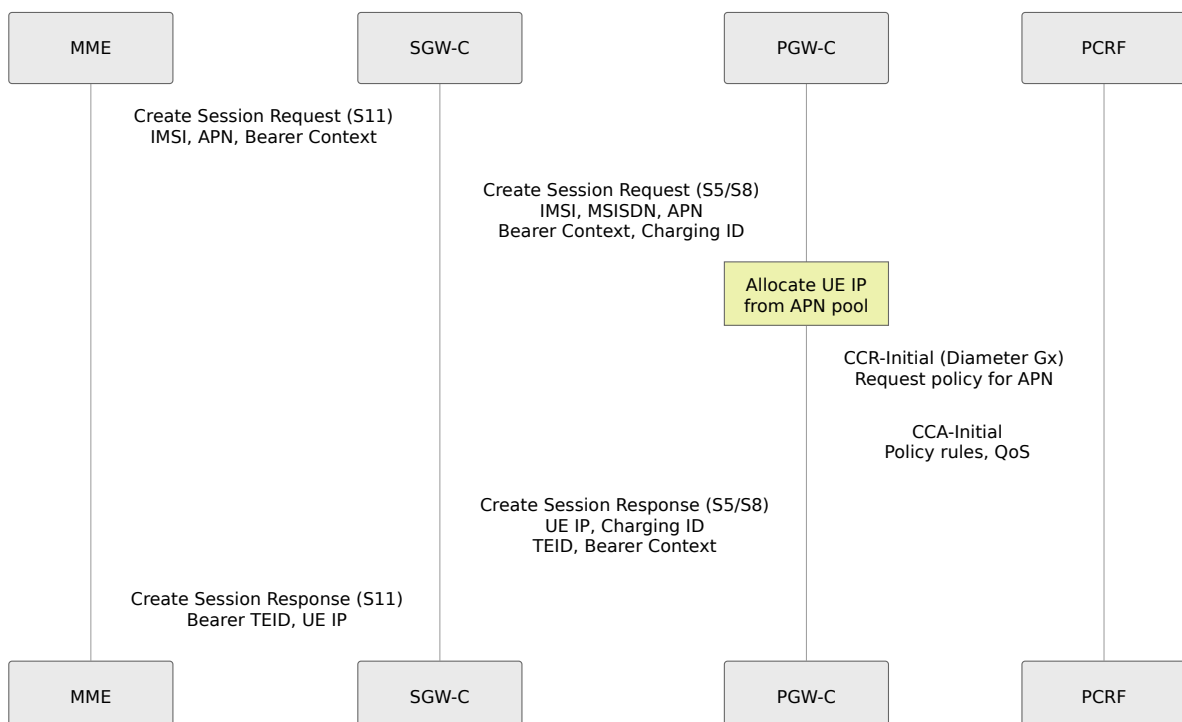
Roteamento:

```
# 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
Bearer Context	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)
Charging ID	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
Cause	PGW	Indicação de sucesso/falha
Bearer Context	PGW	Bearer alocado com TEID
PDN Address Allocation	PGW	Endereço IP do UE atribuído
APN Restriction	PGW	Políticas para este APN
Charging ID	PGW	ID de cobrança gerado pelo PGW
TEID	PGW	Alocado para o túnel S5/S8

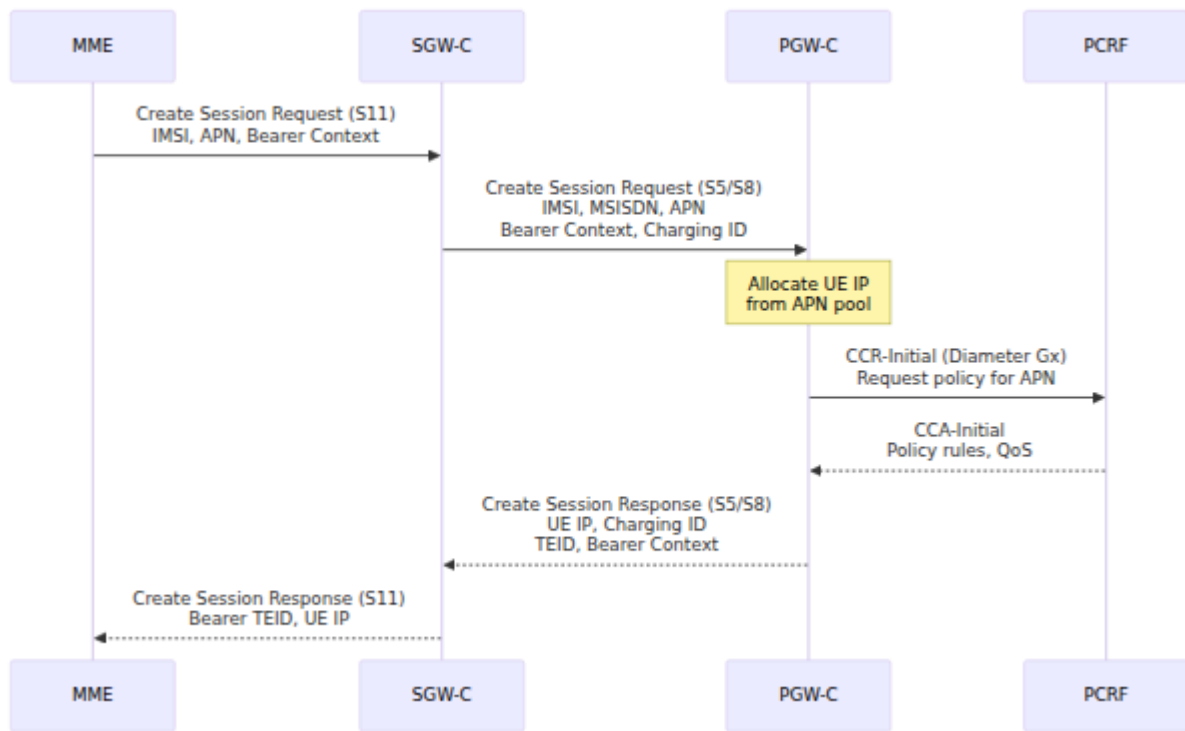
Códigos de Resposta

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 formatação da mensagem
49	Nenhuma regra correspondente	Incompatibilidade de política do PGW-C
64	Contexto não encontrado	Sessão já existe
65	Erro semântico na resposta	Reconfiguração do PGW
72	IE obrigatório ausente/incorreto	Mensagem incompleta

Modificação de Sessão

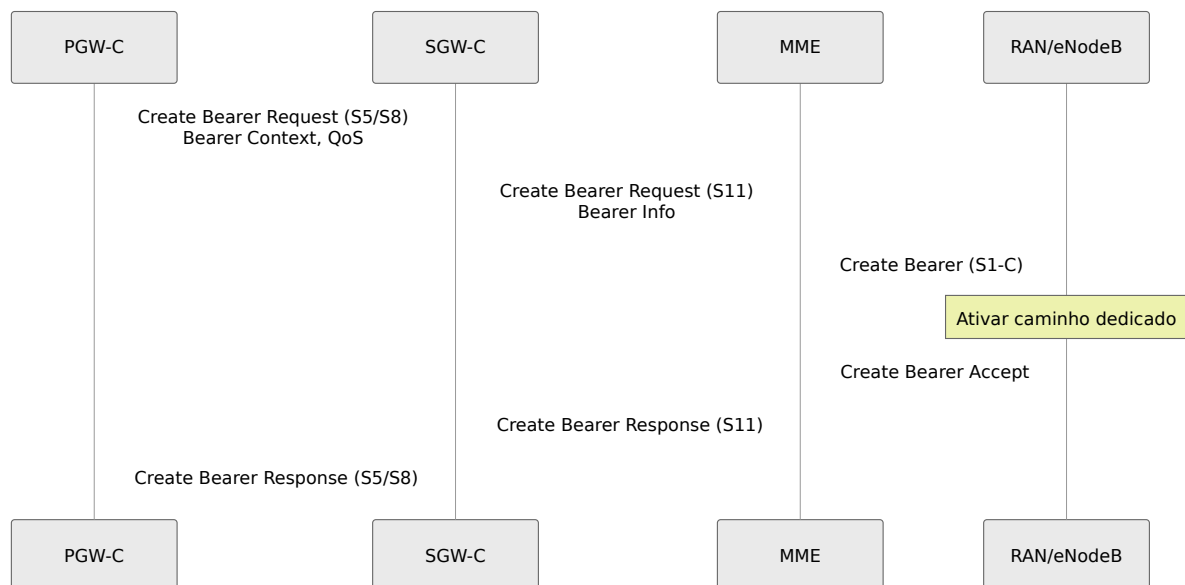
Modificação de QoS do Bearer

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



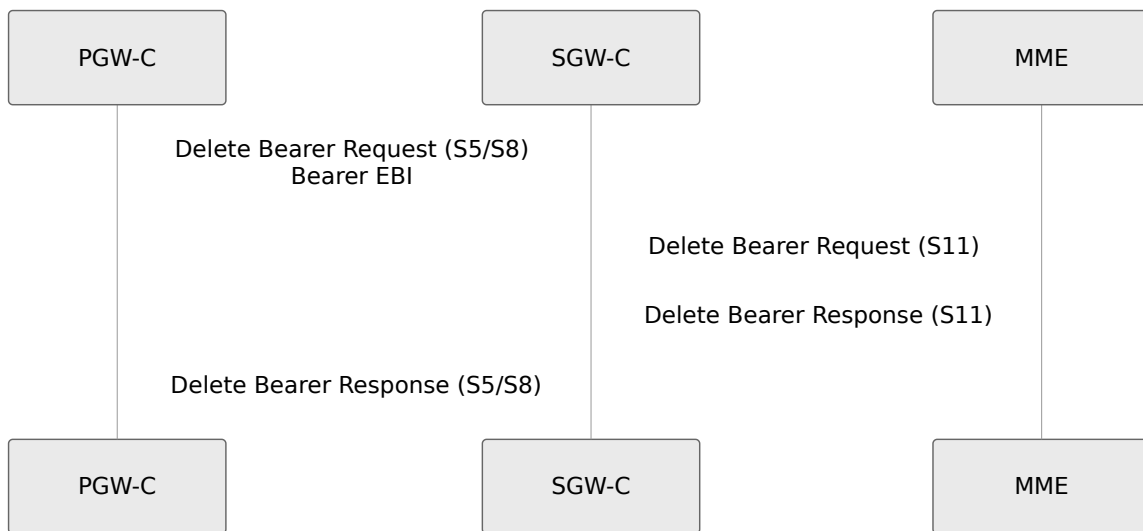
Criação de Bearer (Bearer Dedicado)

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



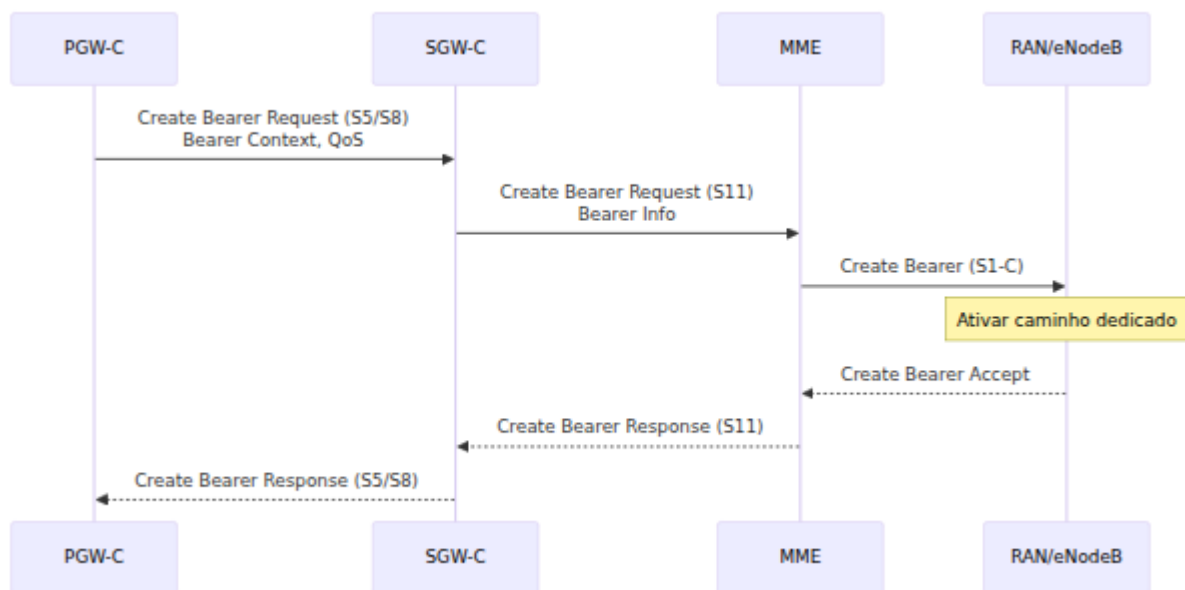
Exclusão de Bearer (Bearer Dedicado)

Quando um bearer dedicado não é mais necessário:



Terminação de Sessão

Desconexão Normal de PDN



Transições de Estado:

[PDN Conectado]

↓ (Delete Session Request do MME)

[Liberando Sessão do PGW]

↓ (Resposta de Exclusão do PGW recebida)

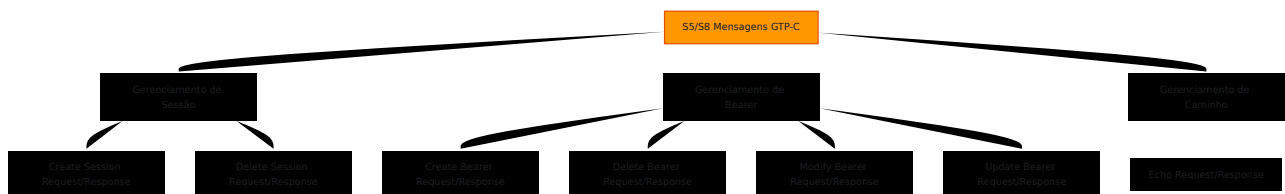
[Liberando Recursos do SGW]

↓ (TEID liberado, CDR registrado)

[PDN Desconectado]

Tipos de Mensagens

Resumo das Mensagens S5/S8



Detalhes da Mensagem

Create Session Request/Response

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

Delete Session Request/Response

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

Modify Bearer Request/Response

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

- **Direção:** Bidirecional

Create/Delete Bearer Request/Response

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

Echo Request/Response

- **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:

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

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

# Esperado: fluxo constante de mensagens Create/Delete/Modify
```

Verificação de Sessão PDN

Inspecione conexões PDN ativas:

Web UI → Página de Sessões do UE

- └ Para cada sessão UE:
 - └ Parceiro PGW-C associado
 - └ ID de Cobrança (do PGW)
 - └ Endereço IP do 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 Create Session
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 os pares
- └ Sticky: O mesmo APN sempre usa o mesmo PGW
- └ Ativo-Standby: Failover quando o parceiro está 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: "Create Session Request rejeitado pelo PGW"

Diagnóstico:

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

# Verificar 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	Verificar capacidade do PGW, exaustão do pool de IP
25	Erro semântico	Verificar se o contexto do bearer corresponde às expectativas do PGW
49	Nenhuma regra correspondente	Verificar configuração do APN no PGW
72	IE ausente	Verificar se o MME está enviando os campos necessários

Falhas nas Operações de Bearer

Problema: "Modify Bearer Request falha"

Diagnóstico:

1. Verificar métricas para taxa de erro de modify_bearer
2. Inspecionar parâmetros de QoS quanto à validade
3. Verificar se o PGW é acessível

Soluções:

- Reduzir a frequência de modificação de QoS
- Verificar se os valores de QoS estão dentro da política do PGW
- Verificar o PGW para problemas de PCRF/política

Problemas de Timeout de Mensagens

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:

- Aumentar message_timeout_ms se a RTT da rede for alta
- Verificar congestionamento da rede
- Verificar disponibilidade de CPU/memória do PGW
- Monitorar perda de pacotes

Incompatibilidade de ID de Cobrança

Problema: "Incompatibilidade de ID de Cobrança nos CDRs"

Diagnóstico:

- Verificar se o PGW está retornando um ID de Cobrança válido
- Verificar logs de CDR para ID de Cobrança ausente
- Comparar CDRs do SGW e do PGW

Solução:

- Garantir que o PGW envie o ID de Cobrança em todas as respostas
- Lidar com ID de Cobrança ausente 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:** Configurar múltiplos pares PGW-C para failover
- **Distribuição de Carga:** Usar round-robin para carga equilibrada
- **Timeouts:** Definir apropriadamente com base na RTT do WAN (típico: 5-10 segundos)
- **Tentativas:** 2-3 tentativas com retrocesso exponencial

Operações

- **Saúde do Parceiro:** Monitorar tempos de resposta do echo
- **Roteamento de APN:** Correspondência da configuração do APN do SGW com os APNs do PGW
- **Rastreamento de Erros:** Alertar sobre taxa de erro S5/S8 sustentada
- **Planejamento de Capacidade:** Monitorar uso do pool de IP no PGW

Gerenciamento de Sessão

- **Limites de Sessão:** Rastrear sessões concorrentes vs. capacidade do PGW

- **Contagem de Bearer:** Monitorar distribuição de bearer padrão + dedicado
 - **Validação de QoS:** Verificar parâmetros de QoS aceitos pelo PGW
 - **Cobrança:** Verificar ID de Cobrança recebido e registrado
-

Integração com Outras Interfaces

Coordenação S11 ↔ S5/S8

```
Fluxo de Mensagem S11 (do MME)
  ↓
Processamento da 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 Planejamento de 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 de Sessão
 9. Solução de Problemas
-

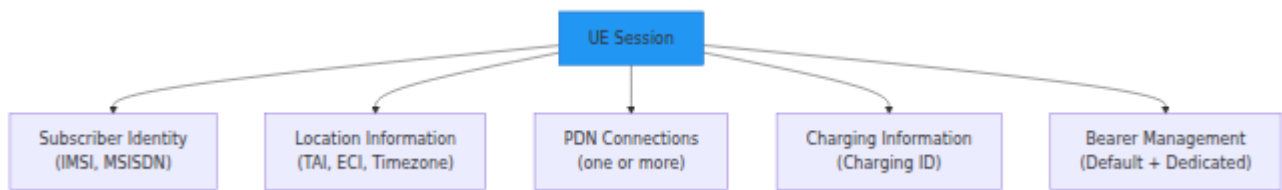
Visão Geral

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)

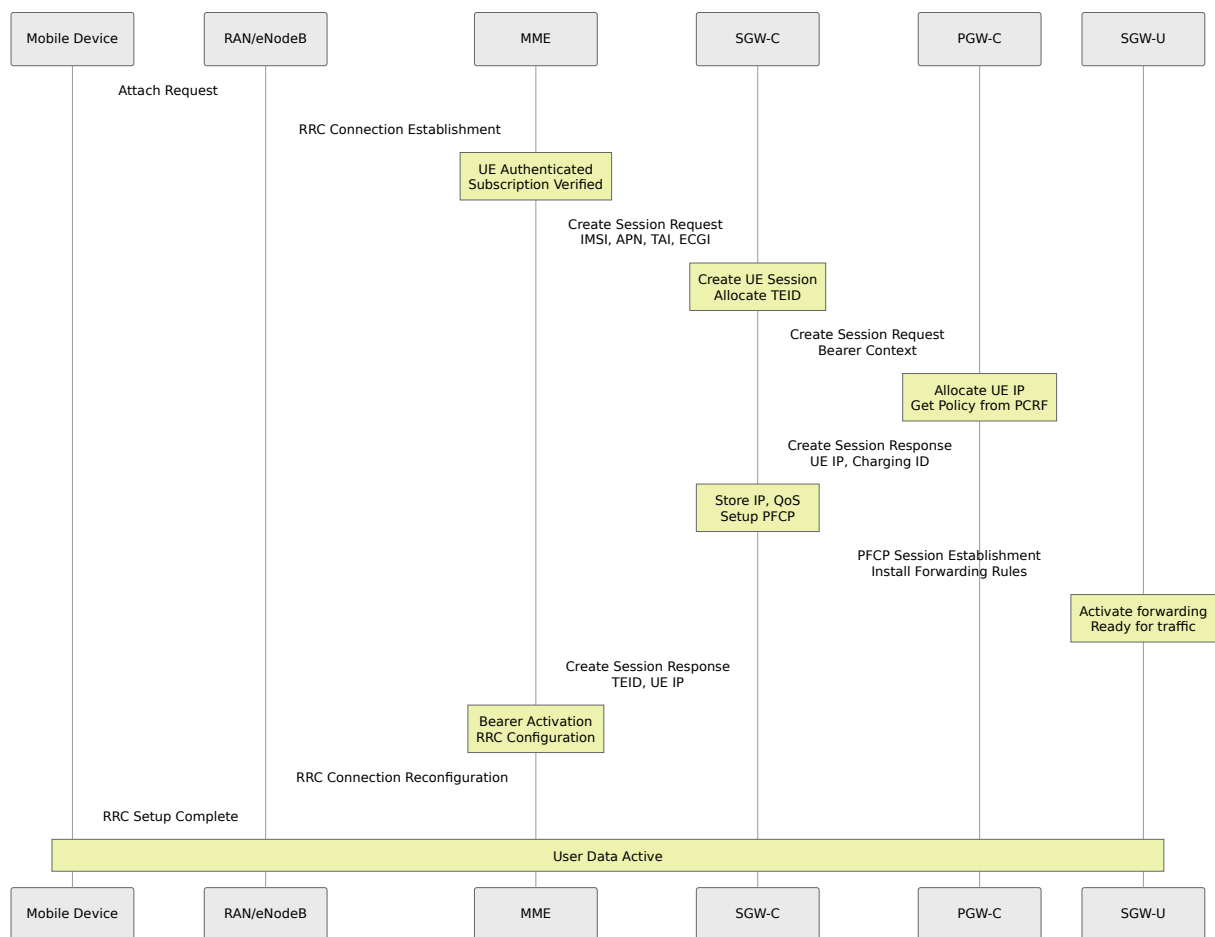
Cada sessão tem um IMSI único (identidade do assinante) e pode conter uma ou mais conexões PDN.

Responsabilidades da Sessão

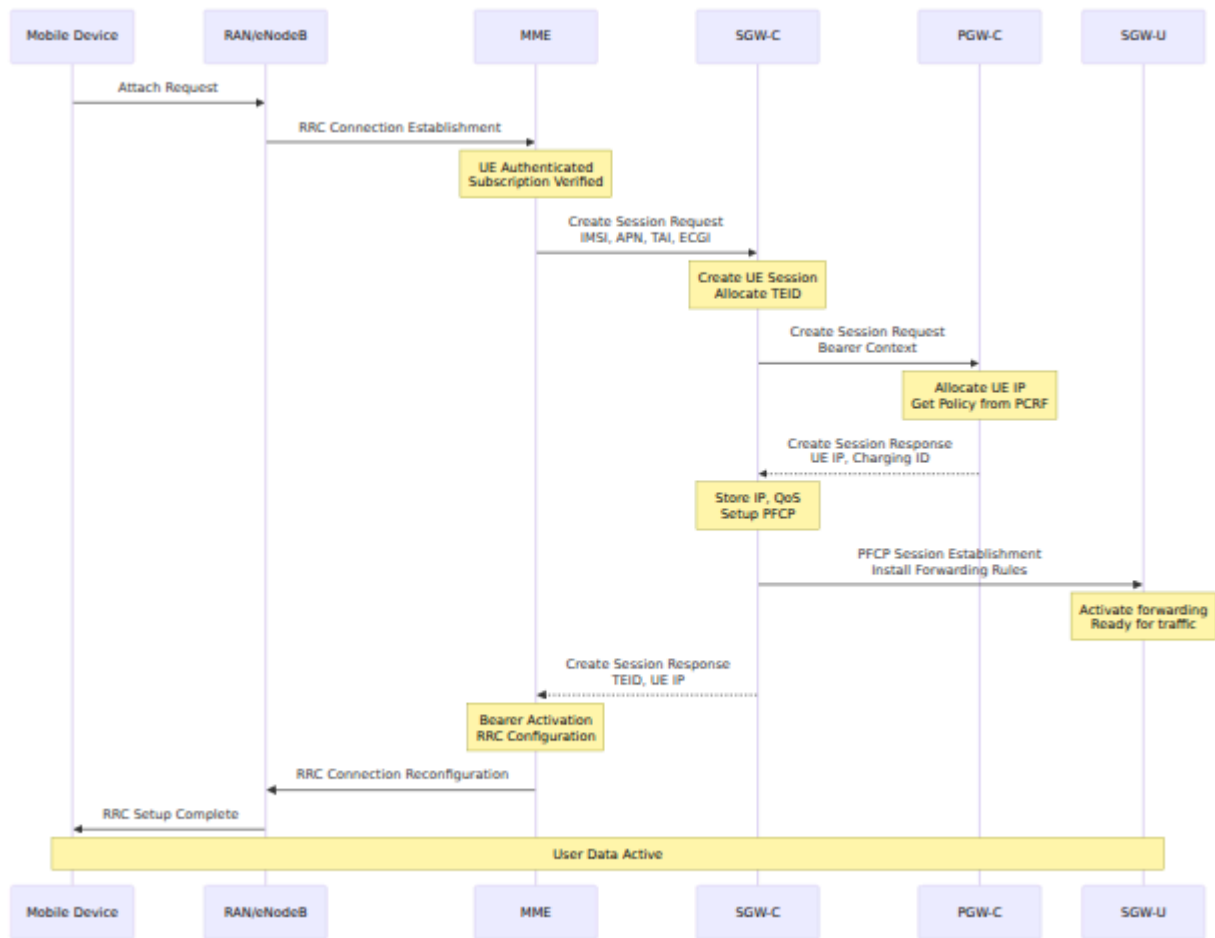


Ciclo de Vida da Sessão

Criação da Sessão (Anexação da UE)



Terminação da Sessão (Desanexação da UE)



Estados da Sessão

Máquina de Estados da Sessão UE

```
[No Session]
  ↓ (Create Session Request from MME)
[Creating Session - PGW]
  ↓ (Create Session Response from PGW)
[Creating Session - User Plane]
  ↓ (PFCP Session Establishment Response)
[Session Active]
  ↓ (Modify Bearer Request or bearer changes)
[Session Modifying]
  ↓ (Modification Complete)
[Session Active]
  ↓ (Delete Session Request or network error)
[Session Terminating]
  ↓ (All responses received, CDR logged)
[Session Terminated]
```

Variáveis de Estado Chave

Session State:

- |— IMSI: Mobile subscriber identity
- |— GUTI: Temporary ID from MME
- |— Location:
 - |— TAI: Current tracking area
 - |— ECI: Current cell
 - |— Timezone: UE timezone
- |— PDN Connections: Array of PDN connection contexts
 - |— APN: Access Point Name
 - |— TEID (S11): To MME
 - |— TEID (S5/S8): To PGW-C
 - |— Charging ID: From PGW-C
 - |— UE IP: From PGW-C
 - |— PGW-C Address: S5/S8 peer
 - |— Bearers: Default + Dedicated
 - |— EBI: Bearer ID
 - |— QCI: QoS class
 - |— ARP: Priority
 - |— GBR: Guaranteed rate
 - |— MBR: Maximum rate
- |— Charging: Charging ID, event log

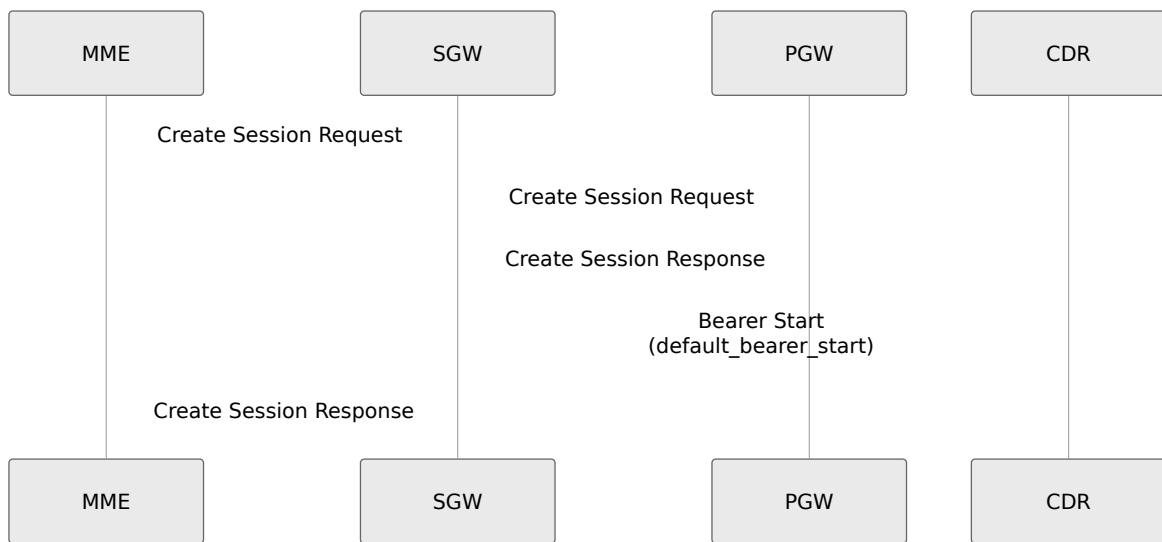
Operações de Bearer

Bearer Padrão

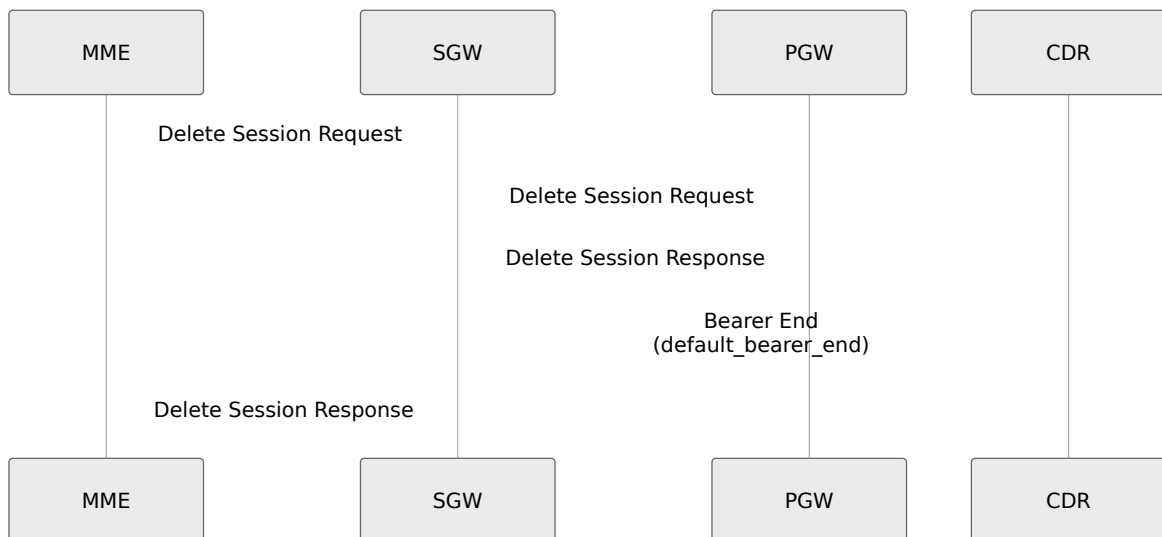
O bearer padrão é criado com cada conexão PDN:

- **QoS:** Tipicamente QCI 9 (esforço máximo)
- **Lifetime:** O mesmo da conexão PDN
- **Traffic:** Transporta todo o tráfego não correspondido por bearers dedicados
- **Mandatory:** Cada conexão PDN deve ter um bearer padrão

Evento de Início do Bearer:



Evento de Fim do Bearer:



Bearers Dedicados

Bearers dedicados fornecem QoS premium para serviços específicos:

- **Activation:** Solicitado por aplicação ou política de rede
- **QoS:** QCI 1-8 (vários tipos de serviço)
- **Lifetime:** Pode ser mais curto que a conexão PDN
- **Optional:** Zero ou mais por conexão PDN

Ativação do Bearer Dedicado:

Application Trigger

↓

PGW-C Policy Decision (via PCRF)

↓

Create Bearer Request (S5/S8)

↓

SGW forwards to MME (S11)

↓

MME activates bearer on RAN

↓

Create Bearer Response back through SGW to PGW

Desativação do Bearer Dedicado:

Network or Application Decision

↓

Delete Bearer Request (S5/S8)

↓

SGW forwards to MME (S11)

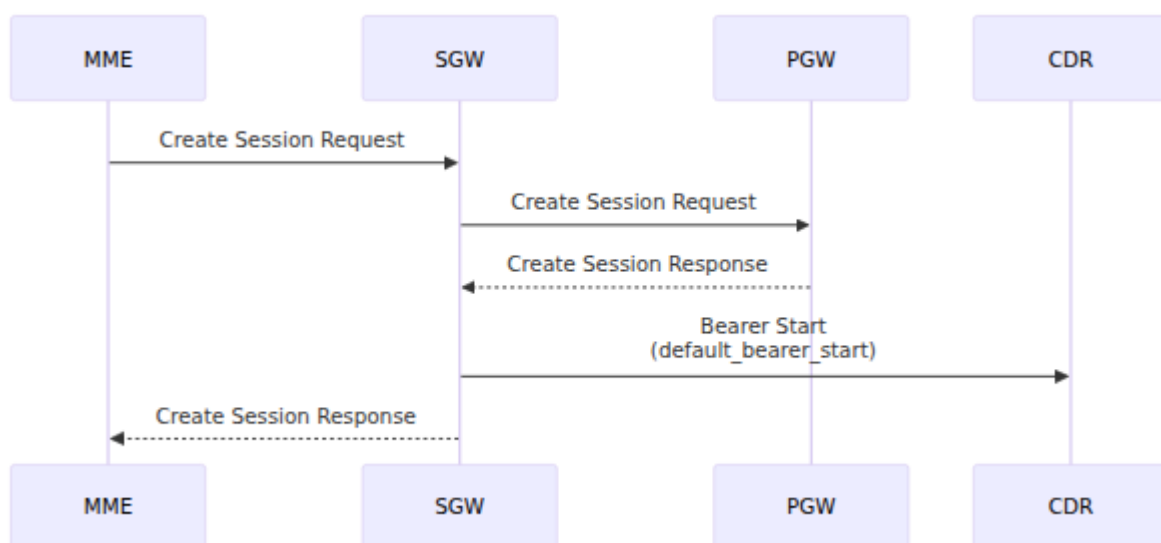
↓

MME deactivates bearer on RAN

↓

Delete Bearer Response back through SGW to PGW

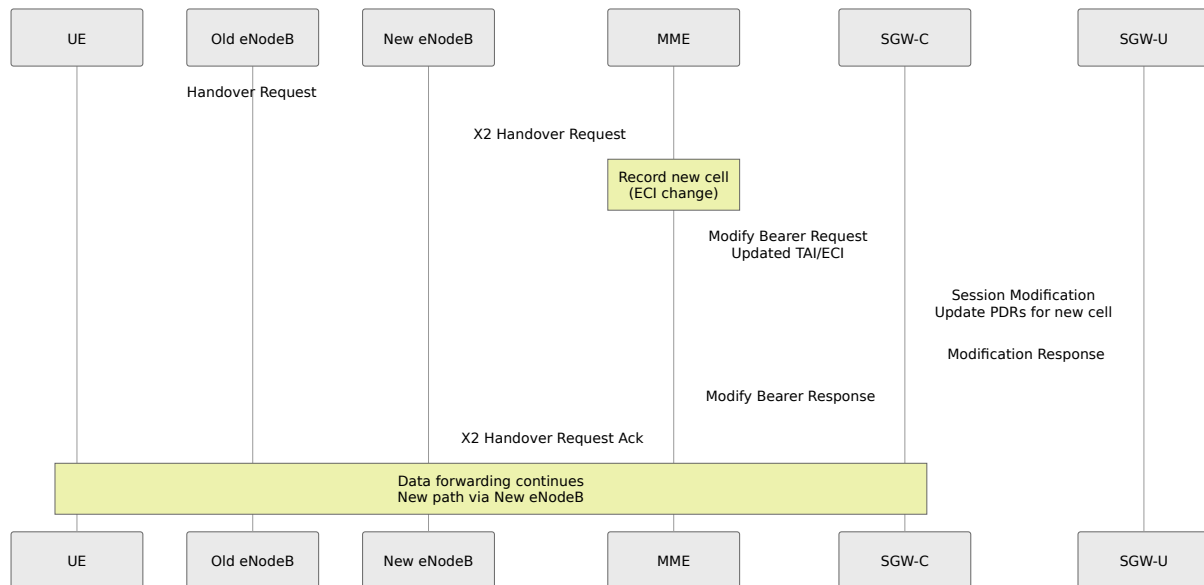
Classes de QoS do Bearer



Tratamento de Mobilidade

Handover Intra-MME (Sem Mudança de SGW)

Cenário: UE se move entre células na mesma área de MME

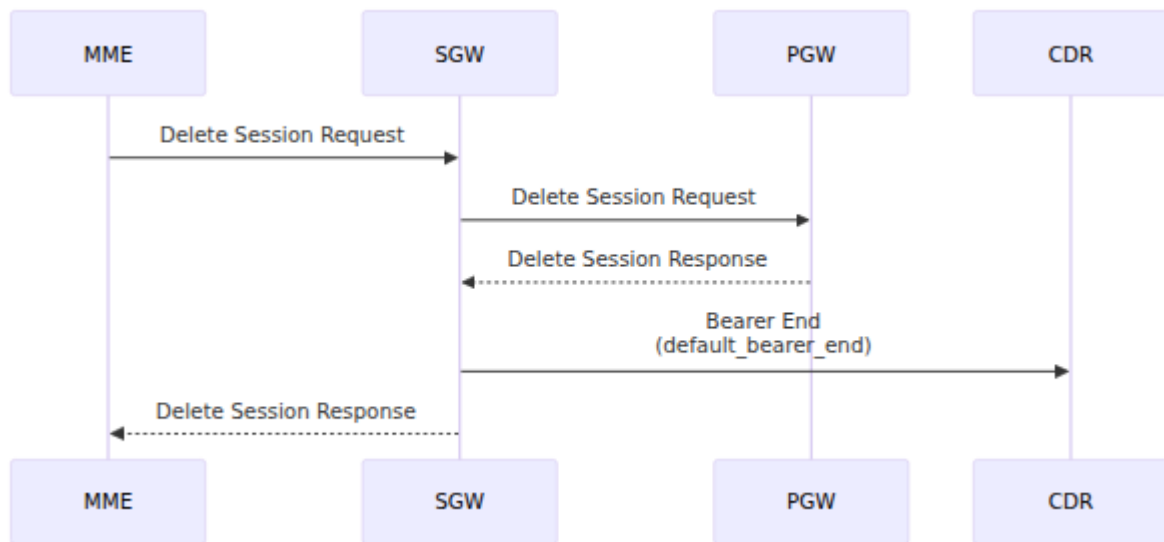


Impacto na Sessão:

- A sessão permanece ativa
- TEID permanece o mesmo
- Localização atualizada na sessão
- CDR continua com o mesmo Charging ID

Handover Inter-MME (Com Mudança de SGW)

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



Impacto na Sessão:

- A sessão antiga é encerrada, CDR registrado com indicação de "handover"
- Nova sessão criada com o mesmo Charging ID
- 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 updates location
↓
MME sends TAU Accept
↓
MME updates SGW with new location
↓
SGW modifies session (TAI, ECI)
↓
No service interruption
```

TAU com Mudança de SGW:

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

Procedimentos de Handover

Fase de Preparação

Antes que o handover seja concluído:

1. **Seleção do Novo SGW-U** - Escolher caminho de encaminhamento
2. **Instalação do PDR** - Instalar novas regras de encaminhamento
3. **Ativação do Buffer** - Habilitar buffering para pacotes em trânsito
4. **Coordenação de Sinalização** - Troca de mensagens S11/S5/S8

Fase de Encaminhamento de Dados

Durante a transição do handover:

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

Fase de Conclusão

Após a conclusão do handover:

1. **Flush do 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 de 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
 - Charging ID

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

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 as métricas da 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
sll_inbound_messages_total
```

Para uma referência completa das métricas disponíveis, painéis do Prometheus e configuração de alertas, veja o [Guia de Monitoramento & Métricas](#).

Terminação de Sessão Limpa

Para encerrar uma sessão de forma limpa:

1. **Acionar via API:** Solicitar a exclusão da sessão

2. **Aguardar conclusão:** Monitorar o estado da sessão
3. **Verificar limpeza:** Checar 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 a 80% da capacidade licenciada
# Lidar de forma limpa ao atingir limites
```

Solução de Problemas

Sessão Não Estabelece

Sintoma: Falha na Solicitação de Criação de Sessão

Diagnóstico:

1. Verifique as métricas para o código de causa
2. Inspecione os logs de erro do S11
3. Verifique a conectividade do PGW
4. Verifique a disponibilidade do Charging ID

Causas Comuns:

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

Sessão Cai Inesperadamente

Sintoma: Sessão ativa termina sem Solicitação de Exclusão

Diagnóstico:

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

Causas Comuns:

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

Falhas de Handover

Sintoma: Handover perde pacotes ou falha completamente

Diagnóstico:

1. Monitore as mensagens Modify Bearer
2. Verifique as atualizações de regras PFCP
3. Verifique a configuração de encaminhamento de dados
4. Verifique o buffering do bearer

Causas Comuns:

Causa	Solução
Buffering desativado	Ative o 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 curto	Aumente o timeout do handover

Alta Latência de Mensagem

Sintoma: Processamento de mensagens S11/S5-S8 lento

Diagnóstico:

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

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

# Verificar carga do sistema
top -n1 | head -1
```

Soluções:

1. Aumente o timeout da 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 as permissões de gravação
3. Verifique o espaço em disco
4. Revise se há erros de geração nos logs

Soluções:

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

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

# Garantir 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

- **Monitorar Capacidade:** Acompanhar vs. limites licenciados
- **Alertar em Limiares:** Acionar a 70-80% da capacidade
- **Degradação Limpa:** Drenar antes da manutenção
- **Verificações de Saúde:** Monitorar conectividade de pares

Operações de Handover

- **Failover Rápido:** Configurar heartbeat agressivo
- **Handover Limpo:** Garantir buffering habilitado
- **Redundância de Caminho:** Múltiplos pares SGW-U
- **Testes:** Simulações regulares de handover

Coordenação de Cobrança

- **Verificar Charging ID:** Garantir alocação do PGW
- **Validação de CDR:** Comparar CDRs do SGW e PGW
- **Correlação de Eventos:** Vincular eventos de CDR entre gateways
- **Arquivamento:** Armazenamento de CDR a longo prazo

Documentação da Interface Sxa

Comunicação PFCP com SGW-U

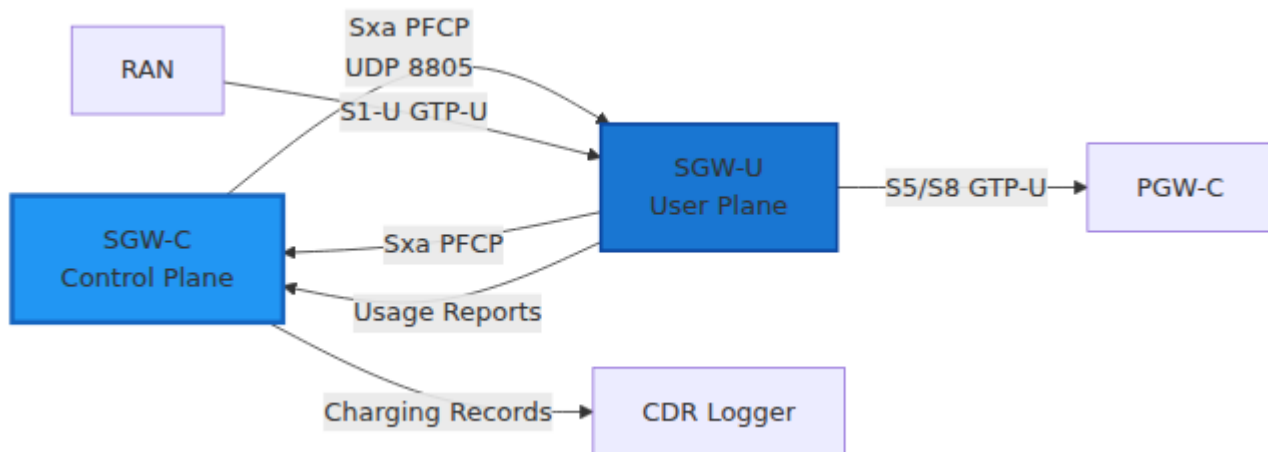
OmniSGW da Omnitouch Network Services

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 encapsulação de pacotes
- **Aplicação de QoS** - Limitação de taxa de bits por bearer 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 uma associação persistente

SEID (Identificador de Ponto de Extremidade de Sessão)

Cada sessão tem SEIDs únicos para rastreamento:

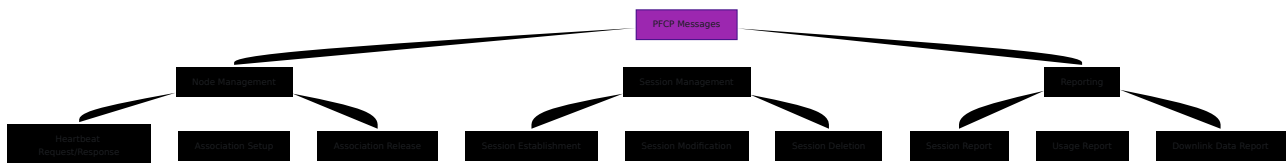
- **CP SEID** - Alocado pelo SGW-C, usado em mensagens de uplink para SGW-U
- **UP SEID** - Alocado pelo SGW-U, usado em mensagens de downlink para SGW-C

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,

    # SGW-U peers 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:

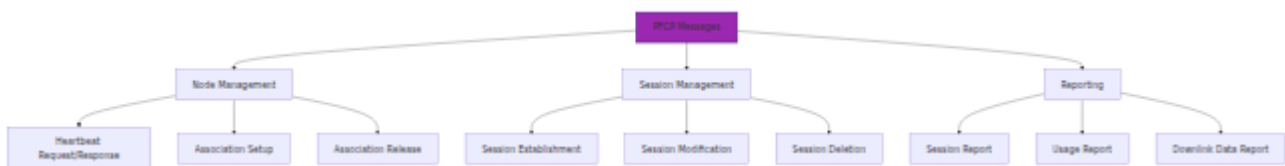
```
# Testar conectividade PFCP
# Verificar logs para a mensagem "Association Setup Complete"

# 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 Estados 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]
```

Manipulação 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

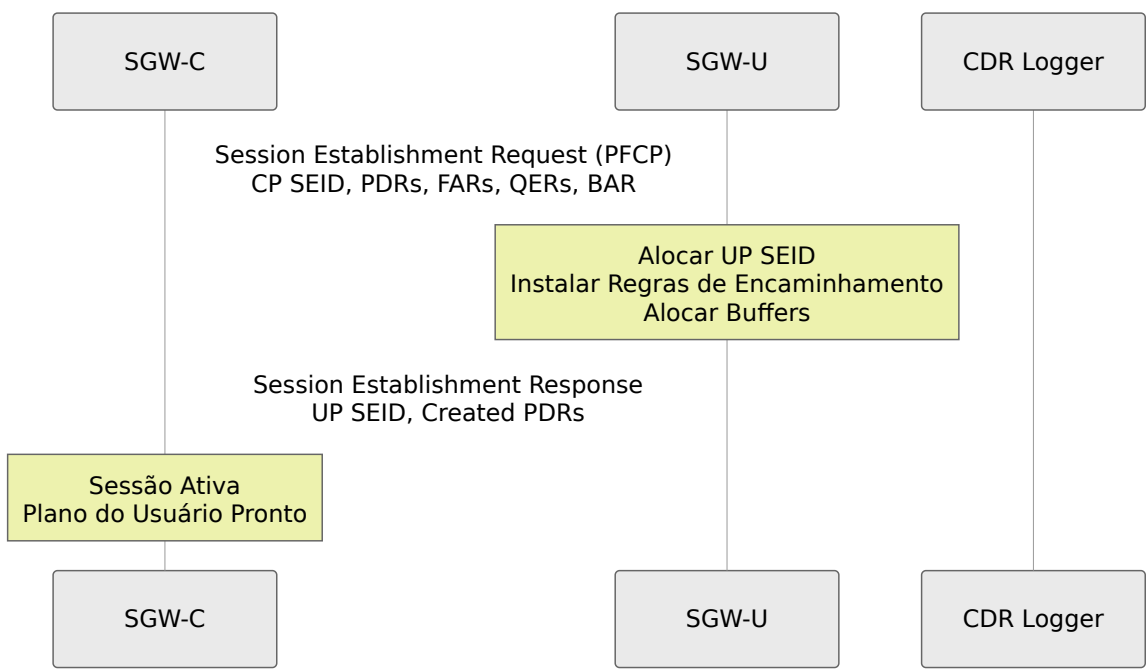
3. Encaminhamento de Dados:

- Buffering do plano do usuário em SGW-U durante a recuperação
 - PDRs permanecem ativos até serem explicitamente excluídos
 - Minimizar perda de pacotes durante a troca
-

Gerenciamento de Sessão

Estabelecimento de Sessão

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



Elementos de Informação Enviados:

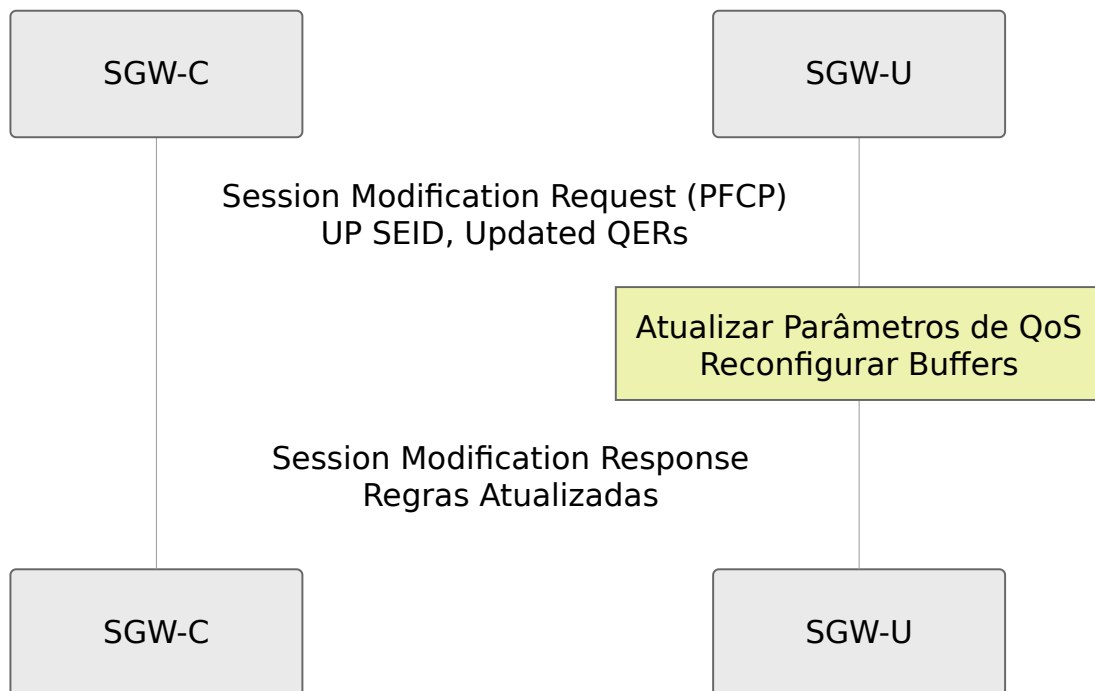
Elemento	Descrição
CP SEID	Alocado pelo SGW-C para esta sessão
PDRs	Regras de Detecção de Pacotes (veja abaixo)
FARs	Regras de Ação de Encaminhamento
QERs	Regras de Aplicação de QoS
BAR	Regra de Ação de Buffering para mobilidade
Create PDR	Identificadores de regra para resposta

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)

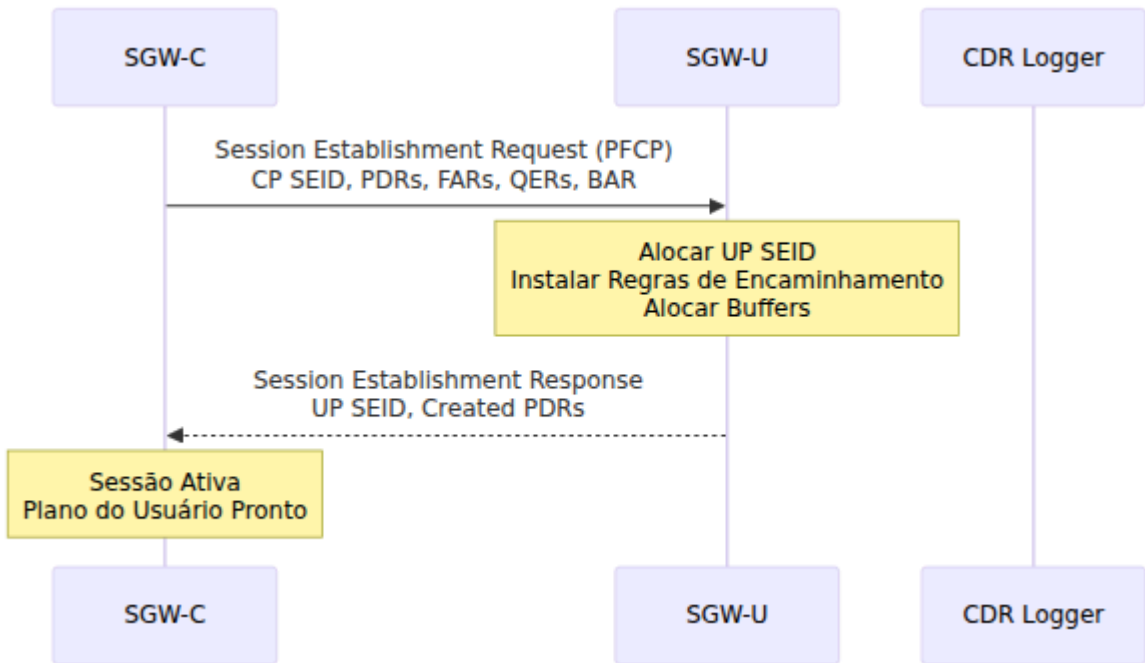


Modificações Comuns:

Modificação	Elementos Atualizados	Razão
Mudança de QoS	QERs	Atualização/baixamento do bearer
Handover	PDRs, FARs	Mudança de eNodeB, seleção de SGW-U
Adicionar Bearer	Nova PDR, FAR, QER	Ativação de bearer dedicado
Excluir Bearer	Remover PDR, FAR, QER	Desativação de bearer

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)

Corresponde 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	Endereço 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 / Endereço IP de Destino
- └─ FAR ID (qual regra de encaminhamento aplicar)
- └─ QER ID (qual regra de QoS aplicar)
- └─ Gatilho de Relatório de Uso

Caso de Uso Exemplo - Bearer Padrão:

- Detecta: Todos os pacotes de/para o IP do UE

- Ação: Encaminhar através do PDN (direção PGW-U)
- QoS: Aplicado por bearer

Caso de Uso Exemplo - Bearer Dedicado:

- Detecta: Pacotes que correspondem a um fluxo específico (intervalo de porta, protocolo)
- Ação: Encaminhar em um 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 políticas, 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 de bits por bearer.

Parâmetros de QoS:

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

Classes de QoS (QCI):

QCI	Tipo de Serviço	Exemplos de Taxa
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 (prioridade mais baixa)

Exemplo - Bearer Dedicado de Voz (QCI 1):

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

BAR (Regra de Ação de Buffering)

Controla o buffering de pacotes durante eventos de mobilidade.

Cenários de Buffering:

1. Buffering de Handover:

- UE muda entre eNodeBs
- Pacotes são armazenados enquanto se movem
- Liberados quando o handover é concluído

2. Buffering de Paging:

- UE em modo ocioso (bearers suspensos)
- Dados de downlink chegam
- Armazenados até que o UE reative

3. Realocação de 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:

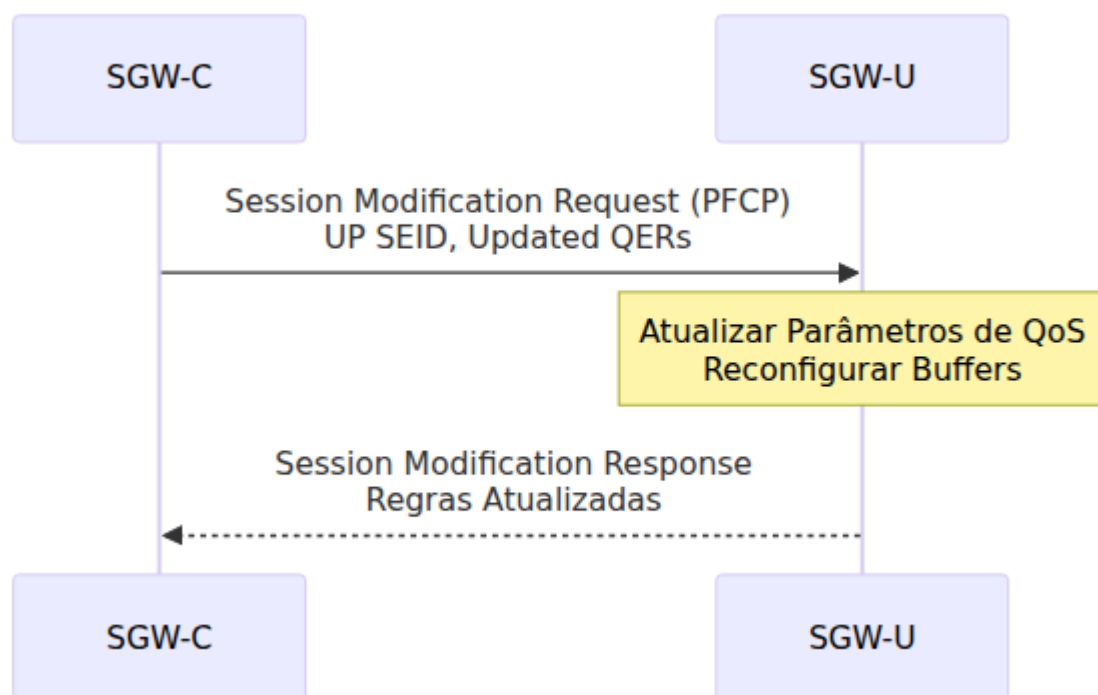
Gatilho	Condição
Período de Tempo	Relatório periódico a cada N segundos
Limite de Volume	Após N octetos encaminhados
Limite de Duração	Após N segundos de encaminhamento
Fim da Sessão	Quando a sessão é excluída
Modificação	Quando as regras são atualizadas
Relatório Imediato	Solicitado na mensagem de modificação

Campos do Relatório de Uso

Usage Report:

- |— Usage Report Trigger: 0 que causou este relatório
- |— UR-SEQN: Número de sequência para ordenação
- |— Informações de Uso por Bearer:
 - |— EBI: Identificador do bearer
 - |— 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:

```
# Verificar status da associação
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep pfcf_association

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

# Web UI → Página de Status SGW-U
# Mostra todos os peers 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_inbound'

# Exemplo de saída:
#
sxa_inbound_messages_total{message_type="session_establishment_response"} 5432
#
sxa_inbound_messages_total{message_type="session_modification_response"} 12100
# sxa_inbound_messages_total{message_type="session_report_request"} 6
```

Verificação da Instalação de Regras

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

```
# Monitorar sucessos/falhas de estabelecimento de sessão
curl -s http://127.0.0.40:42068/metrics | grep
sxa_session_establishment

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

# Procurar 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. Verificar conectividade de rede: `ping <sgwu_ip>`
2. Verificar porta: `netstat -an | grep 8805`

3. Verificar logs para detalhes de erro

Causas Comuns & Soluções:

Causa	Sintoma	Solução
Rede inacessível	Timeout na configuração	Verificar roteamento para SGW-U
Porta bloqueada	Conexão recusada	Verificar regras de firewall
SGW-U inativo	Sem resposta	Reiniciar processo SGW-U
Desvio de ID de Nó	Configuração rejeitada	Verificar configuração

Falhas de Estabelecimento de Sessão

Problema: "Session Establishment Failed"

Diagnóstico:

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

# Verificar 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"	Verificar capacidade do SGW-U
PDR inválido	"Mandatory IE missing"	Verificar definições de regra
Conflito de SEID	"SEID already exists"	Verificar duplicação de sessão
Timeout	"Session establishment timeout"	Aumentar timeout ou verificar SGW-U

Problemas de Relatório de Uso

Problema: "Relatórios de Uso Ausentes"

Diagnóstico:

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

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

Soluções:

- Verificar se o heartbeat do SGW-U está ativo
- Verificar configuração do gatilho de Relatório de Sessão
- Garantir que as permissões do diretório CDR estejam corretas
- Monitorar por overflow de 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 peer
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 pfcqueue_depth
```

Passos de Otimização:

1. Balancear carga entre múltiplos peers SGW-U
2. Aumentar timeout do heartbeat se a rede for propensa a perdas
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:** Definir para 20-30 segundos para detecção confiável
- **Timeout de Sessão:** 5-10 segundos com base no RTT da rede
- **Máximo de Tentativas:** 2-3 para equilíbrio entre confiabilidade e latência
- **Seleção de Peers:** Distribuir carga entre todos os peers SGW-U

Operações

- **Redundância de Peers:** Configurar múltiplas instâncias SGW-U para failover
- **Recarregamento Suave:** Suporte a atualizações de software em serviço
- **Drenagem de Sessão:** Migrar sessões antes da manutenção
- **Monitoramento:** Rastrear frequência de recuperação de associação

Solução de Problemas

- **Manter Logs:** Manter rastros de mensagens PFCP para depuração
 - **Correlação:** Vincular mensagens S11 a operações de sessão PFCP
 - **Métricas de Base:** Estabelecer uma linha de base de desempenho normal
 - **Testar Cenários de Falha:** Praticar procedimentos de failover do SGW-U
-

Guia de Operações do OmniSGW

OmniSGW - Serving Gateway (SGW)

por Omnitouch Network Services

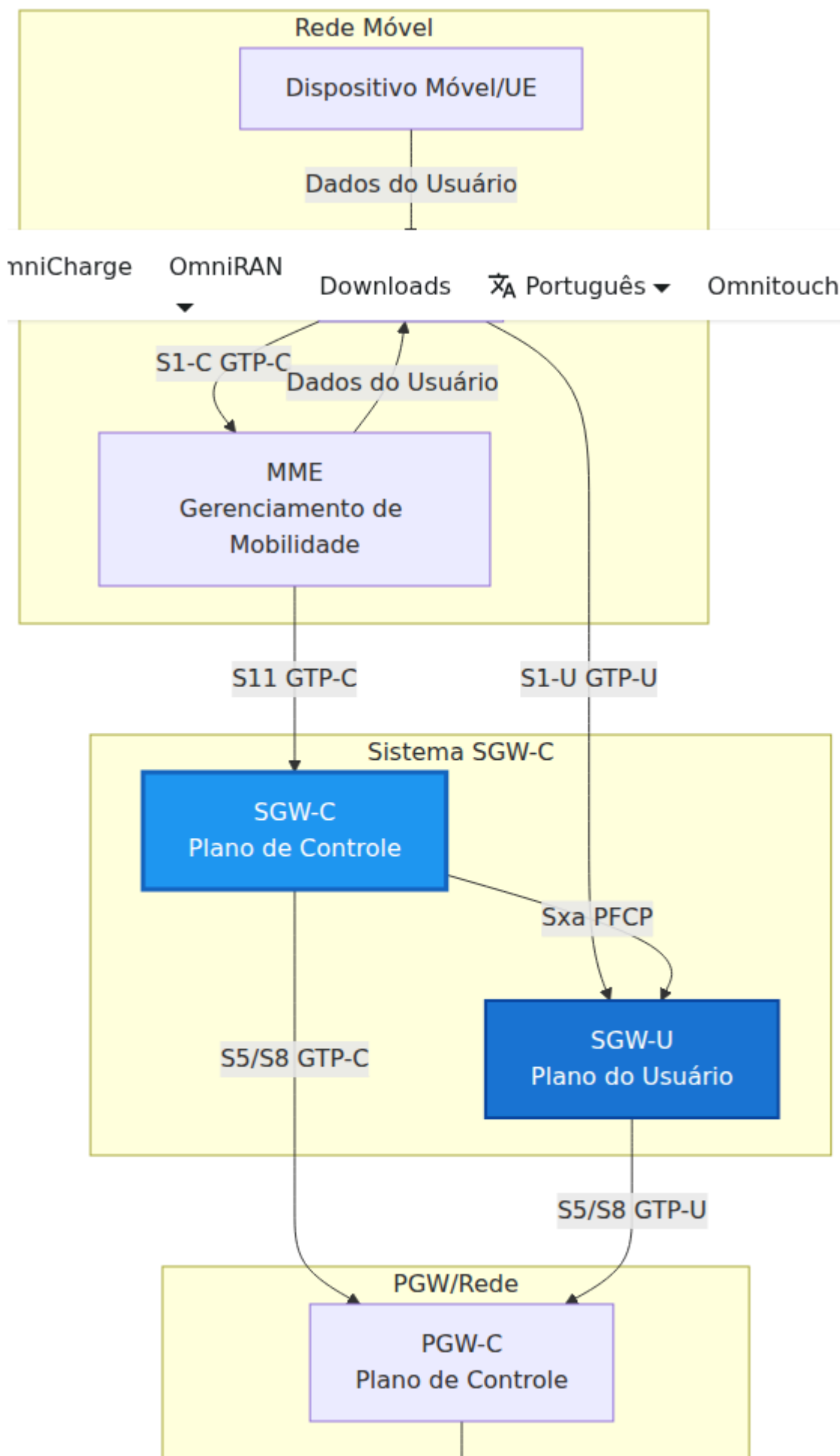
Índice

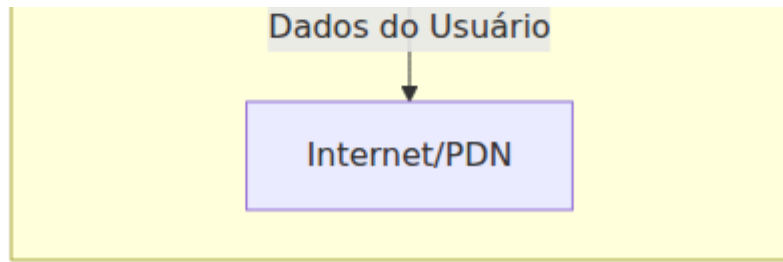
1. [Visão Geral](#)
 2. [Arquitetura](#)
 3. [Interfaces de Rede](#)
 4. [Conceitos Chave](#)
 5. [Introdução](#)
 6. [Configuração](#)
 7. [Web UI - Painel de Operações em Tempo Real](#)
 8. [Monitoramento & Métricas](#)
 9. [Documentação Detalhada](#)
 10. [Recursos Adicionais](#)
 11. [Contribuindo](#)
 12. [Suporte](#)
-

Visão Geral

OmniSGW é uma implementação de Serving Gateway (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 bearer, 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 Bearer** - Criar e modificar bearers dedicados para diferentes requisitos de QoS
- **Informações de Cobrança** - Rastrear eventos de sessão para cobrança offline
- **Coordenação do Plano do Usuário** - Controlar o SGW-U (Plano do Usuário) para encaminhamento de pacotes





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 do bearer** incluindo criação, modificação e exclusão
 - **Programa regras de encaminhamento** no SGW-U via interface Sxa (PFCP)
 - **Gerencia a mobilidade da UE** controlando transferências entre eNodeBs
 - **Fornecer 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

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

- **Supervisor de Aplicação** - Supervisor de nível superior gerenciando 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 Aplicação Web UI:

Interfaces de Rede

SGW-C implementa três interfaces principais do 3GPP:

Interface S11 (GTP-C v2)

Propósito: Sinalização do 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 Bearer
- Solicitação/Resposta de Criação de Bearer
- Solicitação/Resposta de Exclusão de Bearer
- Notificação/Agradecimento de Dados de Downlink

Configuração: Veja [Documentação da Interface S11](#)

Interface Sxa (PCFPC)

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

Protocolo: PCFPC (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 PCFPC/Sxa](#)

Interface S5/S8 (GTP-C v2)

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

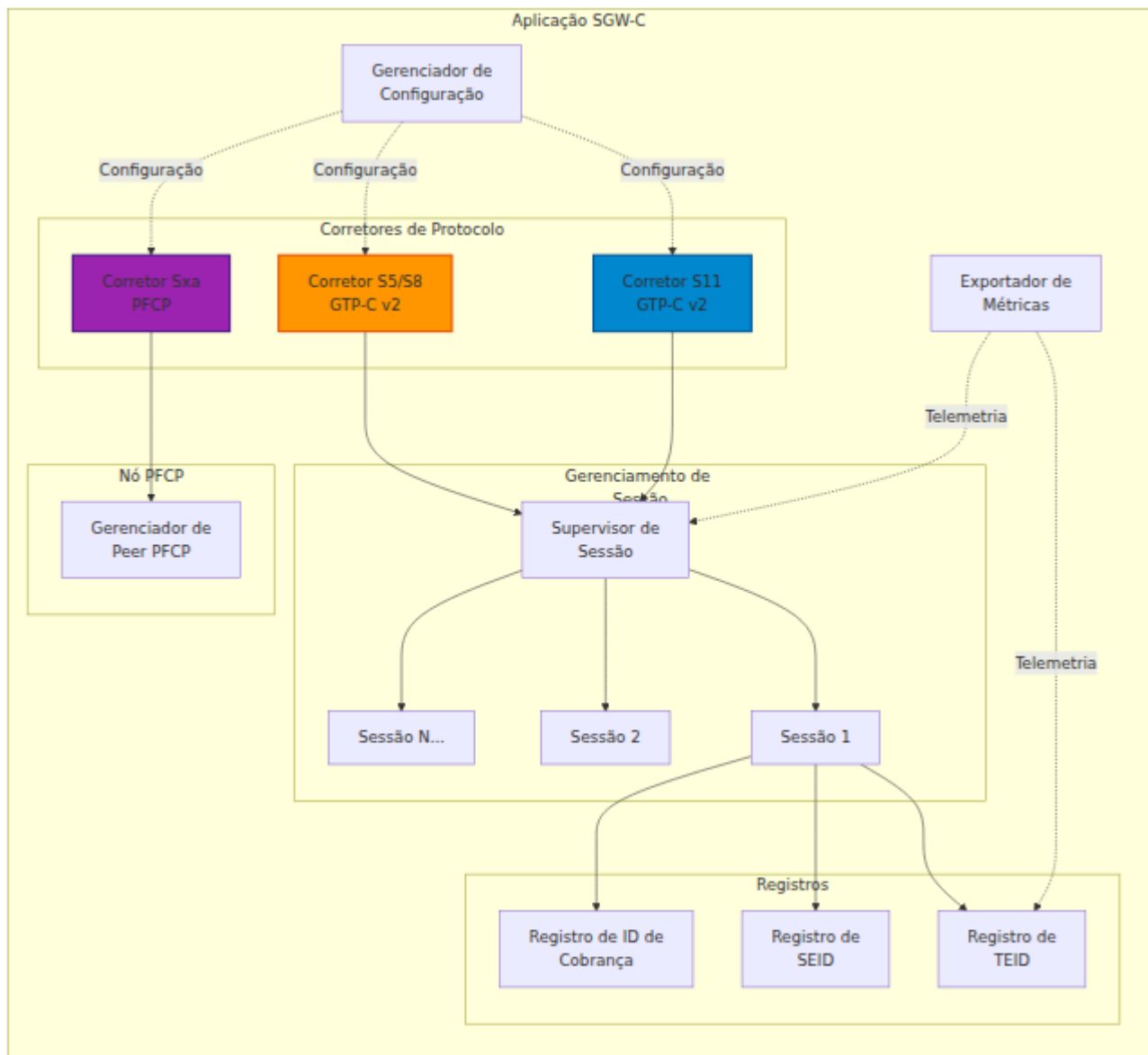
Protocolo: GTP-C Versão 2 sobre UDP

Mensagens Chave:

- Solicitação/Resposta de Criação de Sessão

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

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 de Assinante Móvel) - Identificador único do assinante
- **GUTI** (Identificador Temporário Globalmente Único) - Identificador temporário da 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
- **Bearers Ativos** - Lista de bearers de dados associados

Conexão PDN

Uma Conexão PDN (Rede de Dados de Pacotes) representa a conexão de dados de uma 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
- **Bearer Padrão** - Criado com cada conexão PDN
- **Bearers Dedicados** - Bearers adicionais para necessidades específicas de QoS

Contexto de Bearer

Um bearer representa um fluxo de tráfego com características específicas de QoS:

- **Bearer Padrão** - Criado com cada conexão PDN para tráfego de melhor esforço
- **Bearers Dedicados** - Bearers adicionais para requisitos específicos de serviço (voz, vídeo, etc.)
- **EBI** (ID de Bearer EPS) - Identificador único para cada bearer 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 Pacotes) - 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

SGW-C suporta a mobilidade da 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 da 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:

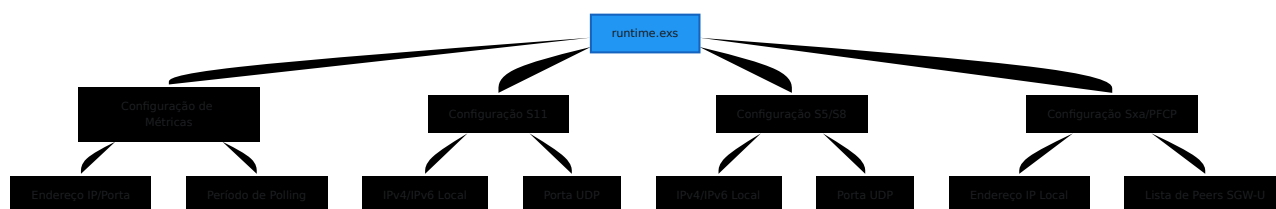
```
[info] Iniciando OmniSGW...  
[info] Iniciando Exportador de Métricas em 127.0.0.40:42068  
[info] Iniciando Corretor S11 em 127.0.0.10  
[info] Iniciando Corretor S5/S8 em 127.0.0.15  
[info] Iniciando Corretor Sxa em 127.0.0.20  
[info] Iniciando Gerenciador de Nó PFCP  
[info] OmniSGW iniciado 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	Configuração S5/S8
sxa	Interface PFCP para SGW-U	Configuração Sxa

Veja o [Guia Completo de Configuração](#) para informações detalhadas.

Web UI - Painel de Operações em Tempo Real

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

Acessando a Web UI

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

Páginas Disponíveis:

Página	URL	Propósito	Taxa de Atualização
Sessões de UE	/ue_sessions	Ver todas as sessões e bearers de UE ativos	2 segundos
Sessões PFCP	/pfcpc_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 recarregamento manual)
- 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
- Inspecionar todos os bearers ativos e seus parâmetros de QoS
- Ver configuração e capacidades do peer

Nenhuma Autenticação Necessária (Uso Interno):

- Acesso direto da rede de gerenciamento
- Projetado para uso da equipe de NOC/operações
- Vincular 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 tem:
 - Área de Rastreamento
 - Bearers ativos 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 bearers 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

Web UI vs. Métricas

Use a Web UI para:

- Detalhes individuais de sessão e bearer
- 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 de longo prazo

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

Monitoramento & Métricas

Além da Web UI, 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 bearers ativos 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 dashboard 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 do OmniSGW		
├──	OPERATIONS.md (Este Guia)	
├──	docs/	
│ ├──	Configuração & Configuração	
│ │ ├──	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 de
│ │ ├──	bearer-management.md	Operações de Bearer
│ │ └──	cdr-format.md	Registros de cobrança
│ └──	monitoring.md	Métricas Prometheus &
└──	offline	
└──	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 do 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 de UE
bearer-management.md	Criação, modificação, exclusão de Bearer
cdr-format.md	Formato de registro de dados de cobrança offline
monitoring.md	Métricas Prometheus, dashboards 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 do usuário
3. [s11-interface.md](#) - Gerenciamento móvel
4. [s5s8-interface.md](#) - Conectividade PDN
5. [session-management.md](#) - Ciclo de vida da sessão
6. [bearer-management.md](#) - Operações de Bearer

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 do domínio de Pacotes
TS 32.298	Codificação de CDR
TS 23.401	Arquitetura EPC