



Guía de Operaciones de OmniPGW

OmniPGW - Plano de Control de Puerta de Enlace de Paquetes (PGW-C)

por Omnitouch Network Services

Tabla de Contenidos

1. [Descripción General](#)
 2. [Arquitectura](#)
 3. [Interfaces de Red](#)
 4. [Conceptos Clave](#)
 5. [Introducción](#)
 6. [Configuración](#)
 7. [Interfaz Web - Panel de Operaciones en Tiempo Real](#)
 8. [Monitoreo y Métricas](#)
 9. [Documentación Detallada](#)
 10. [Recursos Adicionales](#)
 11. [Contribuciones](#)
 12. [Soporte](#)
-

Descripción General

OmniPGW es una implementación de alto rendimiento del Plano de Control de Puerta de Enlace de Paquetes (PGW-C) para redes de núcleo de paquetes evolucionado (EPC) LTE de 3GPP, desarrollada por Omnitouch Network Services. Gestiona las funciones del plano de control para sesiones de datos, incluyendo:

- **Gestión de Sesiones** - Creación, modificación y terminación de sesiones de datos de UE (Equipo de Usuario)
- **Asignación de Direcciones IP** - Asignación de direcciones IP a dispositivos móviles desde grupos configurados
- **Control de Políticas y Cargos** - Interfaz con PCRF para la aplicación de políticas y cargos
- **Coordinación del Plano de Usuario** - Controlando el PGW-U (Plano de Usuario) para el reenvío de paquetes

Lo que Hace PGW-C

- **Acepta solicitudes de sesión** de SGW-C a través de la interfaz S5/S8 (GTP-C)

- **Asigna direcciones IP a UE** desde grupos de subred configurados
 - **Solicita decisiones de políticas** de PCRF a través de la interfaz Gx (Diameter)
 - **Programa reglas de reenvío** en PGW-U a través de la interfaz Sxb (PFCP)
 - **Gestiona la aplicación de QoS** a través de contextos de portadora y reglas de QoS
 - **Rastrea información de cargos** para sistemas de facturación
-

Arquitectura

Descripción General de Componentes

Arquitectura de Procesos

PGW-C se basa en Elixir/OTP y utiliza una arquitectura de procesos supervisados:

- **Supervisor de Aplicación** - Supervisor de nivel superior que gestiona todos los componentes
- **Corredores de Protocolo** - Manejan mensajes de protocolo entrantes/salientes
- **Procesos de Sesión** - Un GenServer por conexión PDN activa
- **Registros** - Rastrea recursos asignados (IPs, TEIDs, SEIDs, etc.)
- **Gestor de Nodo PFCP** - Mantiene asociaciones PFCP con pares PGW-U

Cada componente está supervisado y se reiniciará automáticamente en caso de fallo, asegurando la fiabilidad del sistema.

Interfaces de Red

PGW-C implementa tres interfaces principales de 3GPP:

Interfaz S5/S8 (GTP-C v2)

Propósito: Señalización del plano de control entre SGW-C y PGW-C

Protocolo: GTP-C Versión 2 sobre UDP

Mensajes Clave:

- Solicitud/Respuesta de Crear Sesión
- Solicitud/Respuesta de Eliminar Sesión
- Solicitud/Respuesta de Crear Portadora
- Solicitud/Respuesta de Eliminar Portadora

Configuración: Ver [Configuración S5/S8](#)

Interfaz Sxb (PFCP)

Propósito: Señalización del plano de control entre PGW-C y PGW-U

Protocolo: PFCP (Protocolo de Control de Reenvío de Paquetes) sobre UDP

Mensajes Clave:

- Solicitud/Respuesta de Configuración de Asociación
- Solicitud/Respuesta de Establecimiento de Sesión
- Solicitud/Respuesta de Modificación de Sesión
- Solicitud/Respuesta de Eliminación de Sesión
- Solicitud/Respuesta de Latido

Configuración: Ver [Documentación de la Interfaz PFCP/Sxb](#)

Interfaz Gx (Diameter)

Propósito: Interfaz de Función de Control de Políticas y Cargos (PCRF)

Protocolo: Diameter (IETF RFC 6733)

Mensajes Clave:

- Solicitud/Respuesta de Control de Crédito Inicial (CCR-I/CCA-I)
- Solicitud/Respuesta de Control de Crédito de Terminación (CCR-T/CCA-T)

Configuración: Ver [Documentación de la Interfaz Diameter Gx](#)

Conceptos Clave

Sesión PDN

Una Sesión PDN (Red de Datos de Paquetes) representa la conexión de datos de un UE a una red externa (como Internet). Cada sesión tiene:

- **Dirección IP de UE** - Asignada desde un grupo de subred configurado
- **APN** (Nombre del Punto de Acceso) - Identifica la red externa
- **Contexto de Portadora** - Contiene parámetros de QoS e información de túnel
- **ID de Cargos** - Identificador único para facturación
- **TEID** (ID de Punto de Final de Túnel) - Identificador de túnel de la interfaz S5/S8
- **SEID** (ID de Punto de Final de Sesión) - Identificador de sesión de la

interfaz Sxb

Contexto de Portadora

Una portadora representa un flujo de tráfico con características específicas de QoS:

- **Portadora Predeterminada** - Creada con cada sesión PDN
- **Portadoras Dedicadas** - Portadoras adicionales para necesidades específicas de QoS
- **EBI** (ID de Portadora EPS) - Identificador único para cada portadora
- **Parámetros de QoS** - QCI, ARP, tasas de bits (MBR, GBR)

Reglas PFCP

El PGW-C programa el PGW-U con reglas de procesamiento de paquetes:

- **PDR** (Regla de Detección de Paquetes) - Coincide con paquetes (uplink/downlink)
- **FAR** (Regla de Acción de Reenvío) - Especifica el comportamiento de reenvío
- **QER** (Regla de Aplicación de QoS) - Aplica límites de tasa de bits
- **BAR** (Regla de Acción de Almacenamiento) - Controla el almacenamiento de paquetes

Ver [Documentación de la Interfaz PFCP](#) para más detalles.

Asignación de Direcciones IP

Las direcciones IP de UE se asignan desde grupos de subred configurados:

- **Selección basada en APN** - Diferentes APNs pueden usar diferentes subredes
- **Asignación dinámica** - Selección aleatoria de IP del rango disponible
- **Asignación estática** - Soporte para direcciones IP solicitadas por UE
- **Detección de colisiones** - Asegura la asignación única de IP

Ver [Asignación de Grupos de IP de UE](#) para configuración.

Introducción

Requisitos Previos

- Elixir ~1.16
- Erlang/OTP 26+
- Conectividad de red a SGW-C, PGW-U y PCRF

- Comprensión de la arquitectura EPC LTE

Iniciando OmniPGW

1. **Configurar ajustes de tiempo de ejecución** en `config/runtime.exs`
2. **Compilar la aplicación:**

```
mix deps.get
mix compile
```

3. **Iniciar la aplicación:**

```
mix run --no-halt
```

Verificando la Operación

Verifique los registros para el inicio exitoso:

```
[info] Iniciando OmniPGW...
[info] Iniciando Exportador de Métricas en 127.0.0.42:42069
[info] Iniciando Corredor S5/S8 en 127.0.0.10
[info] Iniciando Corredor Sxb en 127.0.0.20
[info] Iniciando Corredor Gx
[info] Iniciando Gestor de Nodo PFCP
[info] OmniPGW iniciado exitosamente
```

Acceda a las métricas en `http://127.0.0.42:42069/metrics` (dirección configurada).

Configuración

Toda la configuración de tiempo de ejecución se define en `config/runtime.exs`. La configuración está estructurada en varias secciones:

Descripción General de la Configuración

Referencia Rápida de Configuración

Sección	Propósito	Documentación
metrics	Exportador de métricas de Prometheus	Guía de Monitoreo
diameter	Interfaz Gx a PCRF	Configuración Diameter Gx
s5s8	Interfaz GTP-C a SGW-C	Configuración S5/S8
sxb	Interfaz PFCP a PGW-U	Configuración PFCP
ue	Grupos de direcciones IP de UE	Configuración de Grupos de IP
pco	Opciones de Configuración de Protocolo	Configuración PCO

Vea la [Guía Completa de Configuración](#) para información detallada.

Interfaz Web - Panel de Operaciones en Tiempo Real

OmniPGW incluye una **Interfaz Web** integrada para monitoreo y operaciones en tiempo real, proporcionando visibilidad instantánea del estado del sistema sin necesidad de herramientas de línea de comandos o consultas de métricas.

Accediendo a la Interfaz Web

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

Páginas Disponibles:

Página	URL	Propósito	Tasa de Actualización
Sesiones PGW	/pgw_sessions	Ver todas las sesiones PDN activas	2 segundos
Sesiones PFCP	/pfcg_sessions	Ver sesiones PFCP con PGW-U	2 segundos
Estado UPF	/upf_status	Monitorear asociaciones de pares PFCP	2 segundos
Pares Diameter	/diameter	Monitorear conectividad PCRF	1 segundo
Registros	/logs	Transmisión de registros en tiempo real	En vivo

Características Clave

Actualizaciones en Tiempo Real:

- Todas las páginas se actualizan automáticamente (sin necesidad de recarga manual)
- Transmisión de datos en vivo desde los procesos de OmniPGW
- Indicadores de estado codificados por colores (verde/rojo)

Buscar y Filtrar:

- Buscar sesiones por IMSI, IP, MSISDN o APN
- Filtrado instantáneo sin recarga de página

Detalles Expandibles:

- Haga clic en cualquier fila para ver detalles completos

- Inspeccionar el estado completo de la sesión
- Ver configuración y capacidades de pares

Sin Autenticación Requerida (Uso Interno):

- Acceso directo desde la red de gestión
- Diseñado para uso del equipo de NOC/operaciones
- Vincular solo a la IP de gestión por seguridad

Flujos de Trabajo Operativos

Solución de Problemas de Sesiones:

1. El usuario informa un problema de conexión
2. Abrir la página de Sesiones PGW
3. Buscar por IMSI o número de teléfono
4. Verificar que la sesión exista y tenga correcto:
 - Dirección IP de UE asignada
 - Parámetros de QoS de PCRF
 - Puntos finales de túnel establecidos
5. Si no se encuentra la sesión → Verificar la página de Diameter para conectividad PCRF

Chequeo de Salud del Sistema:

1. Abrir la página de Estado UPF → Verificar que todos los pares PGW-U estén "Asociados"
2. Abrir la página de Diameter → Verificar que todos los pares PCRF estén "Conectados"
3. Abrir Sesiones PGW → Verificar el conteo de sesiones activas vs. capacidad

Monitoreo de Capacidad:

- Echar un vistazo al conteo de Sesiones PGW
- Comparar con la capacidad licenciada/esperada
- Identificar momentos de uso máximo
- Monitorear la distribución entre APNs

Interfaz Web vs. Métricas

Utilice la Interfaz Web para:

- Detalles de sesiones individuales
- Estado de pares en tiempo real
- Chequeos de salud rápidos
- Solución de problemas de usuarios específicos
- Verificación de configuración

Utilice Métricas de Prometheus para:

- Tendencias históricas
- Alertas y notificaciones
- Gráficos de planificación de capacidad
- Análisis de rendimiento
- Monitoreo a largo plazo

Mejor Práctica: Utilice ambos juntos - Interfaz Web para operaciones inmediatas, Prometheus para tendencias y alertas.

Monitoreo y Métricas

Además de la Interfaz Web, OmniPGW expone métricas compatibles con Prometheus para monitoreo:

Métricas Disponibles

- **Métricas de Sesiones**
 - teid_registry_count - Sesiones S5/S8 activas
 - seid_registry_count - Sesiones PFCP activas
 - session_id_registry_count - Sesiones Gx activas
 - address_registry_count - Direcciones IP de UE asignadas
 - charging_id_registry_count - IDs de cargos activos
- **Métricas de Mensajes**
 - s5s8_inbound_messages_total - Mensajes GTP-C recibidos
 - sxb_inbound_messages_total - Mensajes PFCP recibidos
 - gx_inbound_messages_total - Mensajes Diameter recibidos
 - Distribuciones de duración del manejo de mensajes
- **Métricas de Errores**
 - s5s8_inbound_errors_total - Errores de protocolo S5/S8
 - sxb_inbound_errors_total - Errores de protocolo PFCP
 - gx_inbound_errors_total - Errores de Diameter

Accediendo a las Métricas

Las métricas se exponen a través de HTTP en el punto final configurado:

```
curl http://127.0.0.42:42069/metrics
```

Vea [Guía de Monitoreo y Métricas](#) para la configuración del panel y alertas.

Documentación Detallada

Esta sección proporciona una visión general completa de toda la documentación de OmniPGW. Los documentos están organizados por tema y caso de uso.

Estructura de la Documentación

Documentación de OmniPGW		
├──	OPERATIONS.md (Esta Guía)	
├──	docs/	
│ ├──	Configuración y Configuración	
│ │ ├──	configuration.md	Referencia completa de
│ ├──	runtime.exs	
│ │ ├──	ue-ip-allocation.md	Configuración de grupos de IP
│ │ └──	pco-configuration.md	Configuración de DNS, P-CSCF,
├──	MTU	
│ ├──	Interfaces de Red	
│ │ ├──	pfcf-interface.md	Sxb/PFCF (comunicación PGW-U)
│ │ ├──	diameter-gx.md	Gx (comunicación PCRF)
│ │ ├──	diameter-gy.md	Gy/Ro (comunicación OCS)
│ │ └──	s5s8-interface.md	S5/S8 (comunicación SGW-C)
│ ├──	Operaciones	
│ │ ├──	session-management.md	Ciclo de vida de la sesión PDN
│ │ └──	monitoring.md	Métricas de Prometheus y
└──	alertas	

Documentación por Tema

◆ Introducción

Documento	Descripción	Propósito
OPERATIONS.md	Guía principal de operaciones (este documento)	Descripción general y comienzo rápido

⚙ Configuración

Documento	Descripción	Líneas
configuration.md	Referencia completa de configuración de runtime.exs	1,600+
ue-ip-allocation.md	Gestión y asignación de grupos de IP de UE	943
pco-configuration.md	Opciones de Configuración de Protocolo (DNS, P-CSCF, MTU)	344

❖ Interfaces de Red

Documento	Descripción	Líneas
pfcip-interface.md	Interfaz PFCIP/Sxb a PGW-U	1,355
diameter-gx.md	Interfaz Diameter Gx a PCRF (Control de Políticas)	941
diameter-gy.md	Interfaz Diameter Gy/Ro a OCS (Cargos en Línea)	1,100+
s5s8-interface.md	Interfaz GTP-C S5/S8 a SGW-C	456

❖ Operaciones y Monitoreo

Documento	Descripción	Líneas
session-management.md	Ciclo de vida y operaciones de la sesión PDN	435
monitoring.md	Métricas de Prometheus, paneles de Grafana, alertas	807

Características de la Documentación

❖ Diagramas Mermaid

Todos los documentos incluyen **gráficos Mermaid** para una comprensión visual:

- Diagramas de arquitectura
- Diagramas de secuencia (flujos de mensajes)
- Máquinas de estado
- Topología de red

❖ Ejemplos Prácticos

Cada documento incluye:

- Ejemplos de configuración del mundo real
- Configuraciones listas para copiar y pegar
- Casos de uso comunes

❖ Solución de Problemas

Cada documento de interfaz incluye:

- Problemas comunes y soluciones
- Comandos de depuración
- Métricas para diagnóstico

❖ Referencias Cruzadas

Los documentos están extensamente interconectados para una navegación fácil.

Rutas de Lectura

Para Operadores de Red

1. [OPERATIONS.md](#) - Descripción general (este documento)
2. [configuration.md](#) - Configuración
3. [monitoring.md](#) - Monitoreo
4. [session-management.md](#) - Operaciones diarias

Para Ingenieros de Red

1. [OPERATIONS.md](#) - Descripción general de la arquitectura (este documento)
2. [pfcg-interface.md](#) - Control del plano de usuario
3. [diameter-gx.md](#) - Control de políticas
4. [diameter-gy.md](#) - Cargos en línea
5. [s5s8-interface.md](#) - Gestión de sesiones
6. [ue-ip-allocation.md](#) - Gestión de IP

Para Configuración y Despliegue

1. [configuration.md](#) - Referencia completa
2. [ue-ip-allocation.md](#) - Grupos de IP
3. [pco-configuration.md](#) - Parámetros de red
4. [monitoring.md](#) - Configurar monitoreo

Estadísticas del Documento

- **Total de Documentos:** 10
- **Total de Líneas:** ~7,300+
- **Tamaño Total:** ~180 KB
- **Diagramas Mermaid:** 65+
- **Ejemplos de Código:** 120+

Conceptos Clave Cubiertos

Arquitectura





- ◇ Separación de plano de control/plano de usuario
- ◇ Arquitectura OTP/Elixir
- ◇ Supervisión de procesos
- ◇ Sesiones basadas en GenServer

Protocolos






- ◇ PFCP (Protocolo de Control de Reenvío de Paquetes)

-  GTP-C v2 (Protocolo de Túnel GPRS)
-  Diameter (RFC 6733)

Interfaces 3GPP

-  Sxb (PGW-C ↔ PGW-U)
-  Gx (PGW-C ↔ PCRF)
-  Gy/Ro (PGW-C ↔ OCS)
-  S5/S8 (SGW-C ↔ PGW-C)

Operaciones

-  Gestión de sesiones
-  Estrategias de asignación de IP
-  Aplicación de QoS
-  Integración de cargos
-  Monitoreo y alertas

Recursos Adicionales

Especificaciones 3GPP

Especificación	Título
TS 29.274	GTP-C v2 (interfaz S5/S8)
TS 29.244	PFPCP (interfaz Sxb)
TS 29.212	Interfaz Diameter Gx (Control de Políticas)
TS 32.299	Aplicaciones de Cargos Diameter (Gy/Ro)
TS 32.251	Cargos del dominio de Paquetes Conmutados
TS 23.401	Arquitectura EPC

Documentación Relacionada

- README del proyecto: [README.md](#)
- Archivo de configuración: [config/runtime.exs](#)

Contribuciones

Para actualizar la documentación:

1. Editar archivos Markdown en docs/
2. Incluir diagramas Mermaid para conceptos visuales
3. Agregar ejemplos prácticos
4. Referenciar documentos relacionados

5. Actualizar OPERATIONS.md si se agregan nuevos documentos

Enlaces Rápidos

- [Repositorio de GitHub](#)
 - [README del Proyecto](#)
 - [Archivo de Configuración](#)
-

Soporte

Para preguntas o problemas con OmniPGW:

- Revisar la documentación en esta guía
 - Consultar ejemplos de configuración
 - Consultar secciones de solución de problemas en documentos de interfaz
 - Referirse al repositorio del proyecto para contribuciones
-

OmniPGW - *Plano de Control de Puerta de Enlace de Paquetes LTE de Grado de Operador*

Desarrollado por Omnitouch Network Services

Versión de Documentación: 1.0 **Última Actualización:** 2025-10-29



Guía de Configuración de OmniPGW

Referencia Completa para la Configuración de runtime.exs

por Omnitouch Network Services

Tabla de Contenidos

1. [Descripción General](#)
 2. [Estructura del Archivo de Configuración](#)
 3. [Configuración de Métricas](#)
 4. [Configuración de Diameter/Gx](#)
 5. [Configuración de S5/S8](#)
 6. [Configuración de Sxb/PFCP](#)
 - [Estrategias de Selección de UPF](#)
 - [Balanceo de Carga con Grupos de UPF](#)
 - [Selección Basada en DNS](#)
 - [Modo de Prueba](#)
 7. [Configuración del Grupo de IP de UE](#)
 8. [Configuración de PCO](#)
 9. [Configuración de la Interfaz Web](#)
 10. [Ejemplo Completo](#)
 11. [Validación de Configuración](#)
-

Descripción General

OmniPGW utiliza **configuración en tiempo de ejecución** definida en config/runtime.exs. Este archivo se evalúa en el **inicio de la aplicación** y permite una configuración dinámica basada en variables de entorno o fuentes externas.

Filosofía de Configuración

Principios Clave:

- **Fuente Única de Verdad** - Toda la configuración en un solo archivo
 - **Seguridad de Tipo** - Configuración validada al inicio
 - **Flexibilidad de Entorno** - Soporte para desarrollo, prueba, producción
 - **Valores Predeterminados Claros** - Predeterminados sensatos con sobrescrituras explícitas
-

Estructura del Archivo de Configuración

Ubicación del Archivo

```
pgw_c/  
├── config/  
│   ├── config.exs      # Configuración base (importa runtime.exs)  
│   ├── dev.exs         # Configuración específica de desarrollo  
│   ├── prod.exs        # Configuración específica de producción  
│   └── runtime.exs     # ← Archivo de configuración principal
```

Estructura de Nivel Superior

```
# config/runtime.exs  
import Config  
  
config :logger, level: :info  
  
config :pgw_c,  
  metrics: %{...},  
  diameter: %{...},  
  s5s8: %{...},  
  sxb: %{...},  
  ue: %{...},  
  pco: %{...}
```

Secciones de Configuración

Configuración de Métricas

Propósito

Configurar el exportador de métricas de Prometheus para monitorear OmniPGW.

Bloque de Configuración

```
config :pgw_c,  
  metrics: %{  
    # Habilitar/deshabilitar exportador de métricas  
    enabled: true,  
  
    # Dirección IP para enlazar el servidor HTTP  
    ip_address: "0.0.0.0",  
  
    # Puerto para el endpoint de métricas
```

```
port: 9090,  
  
# Cada cuánto tiempo sondear los registros (milisegundos)  
registry_poll_period_ms: 10_000  
}
```

Parámetros

Parámetro	Tipo	Predeterminado	Descripción
enabled	Booleano	true	Habilitar exportador de métricas
ip_address	Cadena (IP)	"0.0.0.0"	Dirección de enlace (0.0.0.0 = todas las interfaces)
port	Entero	9090	Puerto HTTP para el endpoint /metrics
registry_poll_period_ms	Entero	10_000	Intervalo de sondeo para conteos de registro

Ejemplos

Producción - Enlazar a IP específica:

```
metrics: %{\n  enabled: true,\n  ip_address: "10.0.0.20", # Red de gestión\n  port: 9090,\n  registry_poll_period_ms: 5_000 # Sondear cada 5 segundos\n}
```

Desarrollo - Solo localhost:

```
metrics: %{\n  enabled: true,\n  ip_address: "127.0.0.1",\n  port: 42069, # Puerto no estándar\n  registry_poll_period_ms: 10_000\n}
```

Deshabilitar métricas:

```
metrics: %{\n  enabled: false\n}
```

Accediendo a las Métricas

```
# Endpoint predeterminado
```



```
curl http://<ip_address>:<port>/metrics
```

```
# Ejemplo
```

```
curl http://10.0.0.20:9090/metrics
```

Ver: [Guía de Monitoreo y Métricas](#) para documentación detallada sobre métricas.

Configuración de Diameter/Gx

Propósito

Configurar el protocolo Diameter para la interfaz Gx (comunicación PCRF).

Bloque de Configuración

```
config :pgw_c,  
  diameter: %{  
    # Dirección IP para escuchar conexiones Diameter  
    listen_ip: "0.0.0.0",  
  
    # Identidad Diameter de OmniPGW (Origin-Host)  
    host: "omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",  
  
    # Dominio Diameter de OmniPGW (Origin-Realm)  
    realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",  
  
    # Lista de pares PCRF  
    peer_list: [  
      %{  
        # Identidad Diameter PCRF  
        host: "pcrf.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",  
  
        # Dominio PCRF  
        realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",  
  
        # Dirección IP PCRF  
        ip: "10.0.0.30",  
  
        # Iniciar conexión con PCRF  
        initiate_connection: true  
      }  
    ]  
  }  
}
```

Parámetros

Parámetro	Tipo	Requerido	Descripción
listen_ip	Cadena (IP)	Sí	Dirección de escucha Diameter
host	Cadena (FQDN)	Sí	Origin-Host de OmniPGW (debe ser FQDN)
realm	Cadena (Dominio)	Sí	Origin-Realm de OmniPGW
peer_list	Lista	Sí	Configuraciones de pares PCRF

Configuración de Pares:

Parámetro	Tipo	Requerido	Descripción
host	Cadena (FQDN)	Sí	Identidad Diameter PCRF
realm	Cadena (Dominio)	Sí	Dominio PCRF
ip	Cadena (IP)	Sí	Dirección IP PCRF
initiate_connection	Booleano	Sí	Si OmniPGW se conecta al PCRF

Formato FQDN

Las identidades Diameter DEBEN ser FQDN:

```
# CORRECTO
host: "omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org"

# INCORRECTO
host: "omnipgw"           # No es un FQDN
host: "10.0.0.20"        # IP no permitida
```

Formato 3GPP:

```
<hostname>.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.3gppnetwork.org
```

Ejemplos:

```
- omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org (MCC=001, MNC=001)
- pgw-c.epc.mnc260.mcc310.3gppnetwork.org (MCC=310, MNC=260 - T-Mobile EE. UU.)
```

Ejemplos

Un solo PCRF:

```
diameter: %{
  listen_ip: "0.0.0.0",
  host: "omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
```

```

realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
peer_list: [
  %{
    host: "pcrf.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
    realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
    ip: "10.0.0.30",
    initiate_connection: true
  }
]
}

```

Múltiples PCRFs (Redundancia):

```

diameter: %{
  listen_ip: "0.0.0.0",
  host: "omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  peer_list: [
    %{
      host: "pcrf-primary.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      ip: "10.0.1.30",
      initiate_connection: true
    },
    %{
      host: "pcrf-backup.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      ip: "10.0.2.30",
      initiate_connection: true
    }
  ]
}
}

```

Conexión Iniciada por PCRF:

```

diameter: %{
  listen_ip: "0.0.0.0",
  host: "omnipgw.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  peer_list: [
    %{
      host: "pcrf.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
      ip: "10.0.0.30",
      initiate_connection: false # Esperar a que el PCRF se conecte
    }
  ]
}
}

```

Configuración de S5/S8

Propósito

Configurar la interfaz GTP-C para la comunicación con SGW-C.

Bloque de Configuración

```
config :pgw_c,  
  s5s8: %{  
    # Dirección IPv4 local para la interfaz S5/S8  
    local_ipv4_address: "10.0.0.20",  
  
    # Opcional: Dirección IPv6 local  
    local_ipv6_address: nil,  
  
    # Opcional: Sobrescribir el puerto GTP-C predeterminado (2123)  
    local_port: 2123  
  }
```

Parámetros

Parámetro	Tipo	Predeterminado	Descripción
local_ipv4_address	Cadena (IPv4)	Requerido	Dirección IPv4 de la interfaz S5/S8
local_ipv6_address	Cadena (IPv6)	nil	Dirección IPv6 de la interfaz S5/S8 (opcional)
local_port	Entero	2123	Puerto UDP para GTP-C (puerto estándar 2123)

Detalles del Protocolo

- **Protocolo:** GTP-C Versión 2
- **Transporte:** UDP
- **Puerto Estándar:** 2123
- **Dirección:** Recibe de SGW-C

Ejemplos

Solo IPv4 (Común):

```
s5s8: %{  
  local_ipv4_address: "10.0.0.20"
```

```
}
```

IPv4 + IPv6 Doble Pila:

```
s5s8: %{  
    local_ipv4_address: "10.0.0.20",  
    local_ipv6_address: "2001:db8::20"  
}
```

Puerto Personalizado (No Estándar):

```
s5s8: %{  
    local_ipv4_address: "10.0.0.20",  
    local_port: 2124 # Puerto personalizado  
}
```

Planificación de Red

Selección de Dirección IP:

- Utilizar red de gestión/señalización dedicada
- Asegurar la accesibilidad desde todos los nodos SGW-C
- Considerar redundancia (VRRP/HSRP) para HA

Reglas de Firewall:

```
# Permitir GTP-C desde SGW-C  
iptables -A INPUT -p udp --dport 2123 -s <sgw_c_network> -j ACCEPT
```

Configuración de Sxb/PFCP

Propósito

Configurar la interfaz PFCP para la comunicación con PGW-U (Plano de Usuario).

Bloque de Configuración

```
config :pgw_c,  
    sxb: %{  
        # Dirección IP local para la comunicación PFCP  
        local_ip_address: "10.0.0.20",  
  
        # Opcional: Sobrescribir el puerto PFCP predeterminado (8805)  
        local_port: 8805  
    }
```

Parámetros

Parámetro	Tipo	Predeterminado	Descripción
local_ip_address	Cadena (IP)	Requerido	Dirección de escucha PFCP
local_port	Entero	8805	Puerto UDP PFCP

Importante:

- **Todos los pares UPF se registran automáticamente** desde la configuración de upf_selection (reglas + grupo de respaldo) al inicio
- Los UPFs registrados automáticamente utilizan valores predeterminados sensatos:
 - Nombre autogenerado: "UPF-<ip>:<port>"
 - Asociación PFCP pasiva (esperar a que el UPF inicie)
 - Intervalo de latido de 5 segundos
- Las reglas de selección de UPF y los grupos se configuran en la sección separada upf_selection. Ver [Estrategias de Selección de UPF](#) a continuación.
- Se admite el registro dinámico de UPF para UPFs descubiertos por DNS que no están en la configuración

Ejemplos

Configuración Mínima:

```
sxb: %{
  local_ip_address: "10.0.0.20"
}

# Todos los UPFs en upf_selection se registrarán automáticamente con:
# - Nombre autogenerado: "UPF-10.0.0.21:8805"
# - Asociación PFCP pasiva (esperar a que el UPF se conecte)
# - Intervalo de latido de 5 segundos
```

Puerto PFCP Personalizado:

```
sxb: %{
  local_ip_address: "10.0.0.20",
  local_port: 8806 # Puerto PFCP no estándar
}
```

Ejemplo Completo con Selección de UPF:

```
sxb: %{
  local_ip_address: "10.0.0.20"
},
upf_selection: %{
```

```

rules: [
  %{
    name: "Grupo IMS",
    priority: 10,
    match_field: :apn,
    match_regex: ~r/^ims$/,
    upf_pool: [
      %{remote_ip_address: "10.0.1.21", remote_port: 8805, weight:
100},
      %{remote_ip_address: "10.0.1.22", remote_port: 8805, weight:
100}
    ]
  },
  fallback_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.0.2.21", remote_port: 8805, weight: 100}
  ]
}
# Todos los 3 UPFs (10.0.1.21, 10.0.1.22, 10.0.2.21) se registran
automáticamente

```

Selección Basada en DNS (Registro Dinámico):

```

sxb: %{
  local_ip_address: "10.0.0.20"
},
upf_selection: %{
  dns_enabled: true,
  dns_query_priority: [:ecgi, :tai],
  dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",
  fallback_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.0.2.21", remote_port: 8805, weight: 100}
  ]
}
# Los UPFs descubiertos por DNS se registrarán dinámicamente en el
primer uso

```

Estrategias de Selección de UPF

Importante: La configuración de selección de UPF se ha simplificado. Todos los pares UPF se registran automáticamente desde la configuración de `upf_selection`.

Estructura de Configuración

La selección de UPF se configura en la sección **`upf_selection`** que define:

1. **Reglas Estáticas** - Enrutamiento basado en patrones con grupos de balanceo de carga
2. **Configuraciones DNS** - Descubrimiento dinámico de UPF basado en ubicación
3. **Grupo de Respaldo** - Grupo predeterminado cuando no coinciden reglas y falla DNS

Orden de Prioridad de Selección

1. **Reglas Estáticas** (Mayor Prioridad) - Enrutamiento basado en patrones con grupos de balanceo de carga
2. **Selección Basada en DNS** (Baja Prioridad) - Descubrimiento dinámico de UPF basado en ubicación
3. **Grupo de Respaldo** (Menor Prioridad) - Grupo predeterminado cuando no coinciden reglas y falla DNS

Flujo de Decisión de Selección de UPF

Campos de Coincidencia Disponibles

Las reglas estáticas pueden coincidir en cualquiera de estos atributos de sesión:

Campo de Coincidencia	Descripción	Patrón de Ejemplo
:imsi	Identidad Internacional del Suscriptor Móvil	^313380.* (operador de EE. UU.)
:apn	Nombre del Punto de Acceso / DNN	^internet\. o ^ims\.
:serving_network_plmn_id	Identificador de la red de servicio	^313380\$
:sgw_ip_address	Dirección IP de SGW	^10\.100\..*
:uli_tai_plmn_id	ID de PLMN del Área de Seguimiento	^313.*
:uli_ecgi_plmn_id	ID de PLMN de la Celda E-UTRAN	^313.*

Comparación de Métodos de Selección

Método	Cuándo Usar	Pros	Contras
Grupos de UPF	Implementaciones de producción	Balanceo de carga, HA, pesos flexibles	Requiere múltiples UPFs
Basado en APN	Diferenciación de servicios	Enrutar IMS/Internet por separado	Configuración estática
Basado en IMSI	Escenarios de itinerancia	Enrutamiento geográfico	Complejidad de regex
Basado en DNS	MEC/Computación en la Nube	Dinámico, consciente de la ubicación	Requiere infraestructura

Método	Cuándo Usar	Pros	Contras
Grupo de Respaldo	Red de seguridad	Siempre tener un UPF	DNS Puede no ser óptimo
Modo de Prueba	Probar configuraciones	Pruebas seguras	Sin tráfico real

Flujo Completo de Establecimiento de Sesión

Este diagrama muestra el flujo completo de establecimiento de sesión de extremo a extremo, incluyendo la selección de UPF y la población de PCO:

Puntos Clave de Decisión:

1. Prioridad de Selección de UPF:

- Reglas Estáticas (Coincidencia de Patrón) → Descubrimiento DNS → Grupo de Respaldo
- Filtrado de salud aplicado en todas las etapas
- Lógica Activo/Respaldo para alta disponibilidad
- **Ver:** [Interfaz PFCEP](#) para detalles de comunicación UPF

2. Prioridad de Población de PCO:

- Sobrescritura de PCO de Regla → Descubrimiento DNS de P-CSCF → Configuración Global de PCO
- Fusión por campo (las reglas sobrescriben campos específicos, lo global proporciona valores predeterminados)
- **Ver:** [Configuración de PCO](#) para parámetros detallados de PCO

3. Prioridad de Descubrimiento de P-CSCF:

- FQDN por Regla → Descubrimiento DNS Global → PCO Estático por Regla → PCO Estático Global
- **Ver:** [Monitoreo de P-CSCF](#) para métricas de descubrimiento y seguimiento de salud

4. Integración de Carga:

- PCRF determina si se requiere carga en línea (Grupo de Calificación + Online=1)
- OCS concede cuota antes del establecimiento de sesión
- PGW-C rastrea cuota y solicita más a través de CCR-Update
- **Ver:** [Interfaz Diameter Gx](#) y [Interfaz Diameter Gy](#) para detalles de carga

Ejemplo Completo de Configuración

Aquí hay un ejemplo completo que muestra la selección de UPF de múltiples grupos con registro automático de pares:

```
config :pgw_c,  
  # Interfaz PFCP - Todos los UPFs se registran automáticamente desde  
upf_selection  
  sxb: %{  
    local_ip_address: "127.0.0.20"  
  },  
  
  # Lógica de Selección de UPF - Todos los UPFs definidos aquí se  
registran automáticamente  
upf_selection: %{  
  # Configuraciones de selección basadas en DNS  
  dns_enabled: false,  
  dns_query_priority: [:ecgi, :tai, :rai, :sai, :cgi],  
  dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",  
  dns_timeout_ms: 5000,  
  
  # Reglas de selección estáticas (evaluadas en orden de prioridad)  
  rules: [  
    # Regla 1: Tráfico IMS - Mayor Prioridad  
    %{  
      name: "Tráfico IMS",  
      priority: 20,  
      match_field: :apn,  
      match_regex: "^ims",  
      upf_pool: [  
weight: 80},  
weight: 20}  
      ],  
    },  
  
    # Regla 2: APN Empresarial  
    %{  
      name: "Tráfico Empresarial",  
      priority: 15,  
      match_field: :apn,  
      match_regex: "^(enterprise|corporate)\\.apn",  
      upf_pool: [  
weight: 100}  
      ],  
    },  
  ],  
}
```

```

# Regla 3: Tráfico de Internet - Balanceado
%{
  name: "Tráfico de Internet",
  priority: 5,
  match_field: :apn,
  match_regex: "^internet",
  upf_pool: [
    weight: 33,
    %{remote_ip_address: "10.100.1.21", remote_port: 8805,
    weight: 33},
    %{remote_ip_address: "10.100.1.22", remote_port: 8805,
    weight: 34}
  ]
},

# Grupo de Respaldo - Usado cuando no coinciden reglas y falla DNS
fallback_pool: [
  100}
  %{remote_ip_address: "127.0.0.21", remote_port: 8805, weight:
}
]
}

```

Características Clave

Formato Actual:

- **Registro Automático:** Todos los UPFs de `upf_selection` se registran automáticamente al inicio
- **Configuración Centralizada:** Toda la selección de UPF y configuración de pares en una sección
- **Grupos Requeridos:** Todas las reglas utilizan el formato `upf_pool` (incluso para un solo UPF)
- **Respaldo Estructurado:** Grupo de `fallback_pool` dedicado con distribución ponderada
- **Integración DNS:** Configuraciones DNS junto a reglas de selección
- **Registro Dinámico:** UPFs descubiertos por DNS se registran automáticamente en el primer uso
- **Monitoreo de Salud:** Todos los UPFs configurados son monitoreados con latidos de 5 segundos

Migración desde el Formato Anterior:

- Eliminado: campo `sxb.peer_list` (ya no es necesario)
- Eliminado: `selection_list` incrustado en configuraciones de pares
- Todas las definiciones de UPF ahora van en reglas y grupo de respaldo de `upf_selection`

Cómo Funcionan los Grupos de UPF:

1. **Selección Consciente de Salud:** Solo los UPFs saludables reciben tráfico
 - Saludable = Asociación PFCP activa + menos de 3 latidos consecutivos perdidos
 - Los UPFs no saludables se filtran automáticamente
 - Se vuelve a todos los UPFs si ninguno es saludable (fallo rápido)
2. **Soporte Activo/Respaldo:** Usar weight: 0 para UPFs de respaldo
 - **UPFs Activos** (peso > 0): Reciben tráfico cuando son saludables
 - **UPFs de Respaldo** (peso == 0): Solo reciben tráfico cuando todos los UPFs activos están caídos
 - Los UPFs de respaldo se tratan como weight: 1 cuando se activan
3. **Selección Aleatoria Ponderada:** Cada sesión se asigna aleatoriamente a un UPF saludable basado en pesos
 - En el ejemplo anterior: 70% van a .21, 20% a .22, 10% a .23
 - Peso más alto = más sesiones asignadas a ese UPF
 - Pesos iguales = distribución igual
4. **Registro Automático:** Todos los UPFs en grupos se registran automáticamente al inicio
 - Nombres autogenerados: "UPF-<ip>:<port>"
 - Configuraciones predeterminadas: asociación PFCP pasiva, latidos de 5 segundos
 - Seguimiento de salud inmediato para todos los UPFs configurados

Selección Consciente de Salud con Activo/Respaldo

Ejemplo de Selección Aleatoria Ponderada:

```
Grupo: [  
  UPF-A: peso 50, saludable ✓  
  UPF-B: peso 30, saludable ✓  
  UPF-C: peso 20, saludable ✓  
]
```

Peso Total: $50 + 30 + 20 = 100$

Rangos de Peso:

UPF-A:	0-49	(50%)
UPF-B:	50-79	(30%)
UPF-C:	80-99	(20%)

Número aleatorio: 63 → Selecciona UPF-B

Número aleatorio: 15 → Selecciona UPF-A
Número aleatorio: 91 → Selecciona UPF-C

Ejemplo de Failover Activo/Respaldo:

```
Grupo Inicial: [  
  UPF-A: peso 100, saludable ✓      (Activo)  
  UPF-B: peso 0, saludable ✓        (Respaldo)  
]
```

Escenario 1: UPF-A Saludable
→ Usar Grupo Activo: [UPF-A: 100]
→ Todo el tráfico a UPF-A

Escenario 2: UPF-A Falla
→ No hay UPFs activos saludables
→ Activar Respaldo: [UPF-B: 1]
→ Todo el tráfico pasa a UPF-B
→ Registrar: "Todos los UPFs activos caídos, activando UPFs de respaldo"

Escenario 3: Ambos No Saludables
→ No hay UPFs saludables
→ Usar grupo completo: [UPF-A: 100, UPF-B: 0]
→ Seleccionar con pesos (intentar conexión, puede fallar)
→ Registrar: "No hay UPFs saludables en el grupo, usando grupo completo como respaldo"

Patrones de Peso Comunes:

```
# Distribución igual (25% cada uno)  
upf_pool: [  
  %{remote_ip_address: "10.0.1.1", remote_port: 8805, weight: 1},  
  %{remote_ip_address: "10.0.1.2", remote_port: 8805, weight: 1},  
  %{remote_ip_address: "10.0.1.3", remote_port: 8805, weight: 1},  
  %{remote_ip_address: "10.0.1.4", remote_port: 8805, weight: 1}  
]  
  
# Carga primaria/respaldo (90% / 10%)  
upf_pool: [  
  %{remote_ip_address: "10.0.1.21", remote_port: 8805, weight: 90},  
  %{remote_ip_address: "10.0.1.22", remote_port: 8805, weight: 10}  
]  
  
# Activo/Respaldo (100% primario, 0% respaldo hasta que el primario  
falle)  
upf_pool: [  
  %{remote_ip_address: "10.0.1.21", remote_port: 8805, weight: 100},  
# Activo
```

```

    %{remote_ip_address: "10.0.1.22", remote_port: 8805, weight: 0}
# Respaldo (solo cuando el activo falle)
]

# Activo con múltiples respaldos (balanceado cuando se activa)
upf_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.0.1.1", remote_port: 8805, weight: 100},
# Activo
    %{remote_ip_address: "10.0.1.2", remote_port: 8805, weight: 0},
# Respaldo 1
    %{remote_ip_address: "10.0.1.3", remote_port: 8805, weight: 0}
# Respaldo 2
]
# Resultado: Activo recibe 100%. Si el activo falla, los respaldos
reciben 50/50%.

# Pruebas A/B (50% / 50%)
upf_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.0.1.100", remote_port: 8805, weight: 50},
# Versión antigua
    %{remote_ip_address: "10.0.1.200", remote_port: 8805, weight: 50}
# Nueva versión
]

```

Casos de Uso:

- **Failover Activo/Respaldo:** Usar `weight: 0` para UPFs de respaldo en caliente que solo se activan cuando los primarios fallan
- **HA Consciente de Salud:** Failover automático cuando los UPFs pierden asociación PFCP o fallan latidos
- **Escalado Horizontal:** Distribuir carga entre múltiples UPFs para aumentar capacidad
- **Alta Disponibilidad:** Distribución automática previene sobrecarga de un solo UPF
- **Despliegues Graduales:** Usar pesos para implementaciones canarias (por ejemplo, 95% antiguo, 5% nuevo)
- **Optimización de Costos:** Enrutar más tráfico a UPFs de mayor capacidad
- **Distribución Geográfica:** Balancear sesiones entre UPFs de borde

Sobrescrituras de PCO (Opciones de Configuración de Protocolo):

Cada regla de selección de UPF puede especificar opcionalmente valores de PCO personalizados que sobrescriben la configuración de PCO predeterminada para sesiones coincidentes. Esto permite que diferentes APNs o tipos de tráfico reciban diferentes parámetros de red.

Cómo Funcionan las Sobrescrituras de PCO:

1. **Sobrescrituras Parciales:** Solo especificar los campos de PCO que desea

- sobrescribir
2. **Fallo Global:** Los campos no especificados utilizan valores de la configuración principal de pco
 3. **Específico de Regla:** Cada regla puede tener diferentes sobrescrituras de PCO
 4. **Fusión de Prioridad:** El PCO de la regla tiene prioridad sobre el PCO global

Jerarquía de Población de PCO

Orden de Prioridad para Cada Campo de PCO:

1. **Sobrescritura de PCO de Regla** (Mayor Prioridad)
2. **Descubrimiento DNS de P-CSCF** (solo para direcciones P-CSCF)
3. **Configuración Global de PCO** (Menor Prioridad / Respaldo)

Ejemplo: La Regla IMS Sobrescribe DNS, La Regla Empresarial Sobrescribe Todo

Sesión IMS (coincidida con la regla "Tráfico IMS"):

- └ Servidores DNS: DE GLOBAL (no sobrescrito en la regla)
- └ P-CSCF: DE DESCUBRIMIENTO DNS (p_cscf_discovery_fqdn establecido en la regla)
 - └ Respaldo: DE LA REGLA si DNS falla
- └ MTU: DE GLOBAL (no sobrescrito en la regla)

Sesión Empresarial (coincidida con la regla "Tráfico Empresarial"):

- └ Servidores DNS: DE LA REGLA (192.168.1.10, 192.168.1.11)
- └ P-CSCF: DE GLOBAL (no sobrescrito en la regla)
- └ MTU: DE LA REGLA (1500)

Sesión Predeterminada (sin regla coincidente):

- └ Servidores DNS: DE GLOBAL
- └ P-CSCF: DE GLOBAL o DNS si el descubrimiento global está habilitado
- └ MTU: DE GLOBAL

Campos de Sobrescritura de PCO Disponibles:

- primary_dns_server_address - Dirección IP del servidor DNS primario
- secondary_dns_server_address - Dirección IP del servidor DNS secundario
- primary_nbns_server_address - Dirección IP del servidor NBNS (NetBIOS) primario
- secondary_nbns_server_address - Dirección IP del servidor NBNS secundario
- p_cscf_ipv4_address_list - Lista de direcciones IP de servidores P-CSCF (para IMS) - Ver [Configuración de PCO](#) y [Monitoreo de P-CSCF](#) para descubrimiento dinámico de P-CSCF
- ipv4_link_mtu_size - Tamaño de MTU en bytes

Descubrimiento de P-CSCF por Regla:

Además de las sobrescrituras de PCO, las reglas de selección de UPF pueden especificar el descubrimiento dinámico de P-CSCF:

- `p_cscf_discovery_fqdn` - (Cadena) FQDN para descubrimiento de P-CSCF basado en DNS (por ejemplo, "pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org")

Cuando se establece este parámetro:

1. PGW-C realiza una búsqueda DNS para el FQDN especificado durante el establecimiento de sesión
2. El servidor DNS devuelve una lista de direcciones IP de P-CSCF
3. Las direcciones P-CSCF descubiertas se envían a UE a través de PCO
4. Si la búsqueda DNS falla, se vuelve a `p_cscf_ipv4_address_list` de la sobrescritura de PCO (si se especifica) o configuración global de PCO
5. Ver [Monitoreo de P-CSCF](#) para tasas de éxito/fallo de descubrimiento

Esto es particularmente útil para:

- **APNs IMS** - Diferentes redes IMS con diferentes servidores P-CSCF
- **Despliegues multi-inquilino** - Diferentes empresas con infraestructura dedicada de P-CSCF
- **Enrutamiento geográfico** - DNS devuelve el P-CSCF más cercano según la ubicación de UE
- **Alta disponibilidad** - DNS devuelve automáticamente solo servidores P-CSCF saludables

Ejemplo: Tráfico IMS con P-CSCF Personalizado:

```
rules: [  
  %{  
    name: "Tráfico IMS",  
    priority: 20,  
    match_field: :apn,  
    match_regex: "^ims",  
    upf_pool: [  
      %{remote_ip_address: "10.100.2.21", remote_port: 8805, weight:  
80},  
      %{remote_ip_address: "10.100.2.22", remote_port: 8805, weight:  
20}  
    ],  
    # Descubrimiento de P-CSCF: Consultar dinámicamente DNS para  
direcciones P-CSCF  
    # La búsqueda DNS devuelve las IPs de P-CSCF actuales basadas en  
este FQDN  
    p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org",  
    # Las sesiones IMS obtienen servidores P-CSCF personalizados  
(usados como respaldo si DNS falla)
```



```

    pco: %{
      p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100", "10.101.2.101"]
      # DNS, NBNS, MTU usarán valores predeterminados de la
      configuración principal de pco
    }
  }
]

```

Ejemplo: Tráfico Empresarial con DNS Personalizado:

```

rules: [
  %{
    name: "Tráfico Empresarial",
    priority: 15,
    match_field: :apn,
    match_regex: "^(enterprise|corporate)\.apn",
    upf_pool: [
      100}
    ],
    # Las sesiones empresariales obtienen DNS corporativo y MTU
    personalizado
    pco: %{
      primary_dns_server_address: "192.168.1.10",
      secondary_dns_server_address: "192.168.1.11",
      ipv4_link_mtu_size: 1500
      # P-CSCF, NBNS usarán valores predeterminados de la
      configuración principal de pco
    }
  }
]

```

Ejemplo: Sobrescritura Completa (Todos los Campos de PCO):

```

rules: [
  %{
    name: "APN IoT - Totalmente Personalizado",
    priority: 10,
    match_field: :apn,
    match_regex: "^iot\.m2m",
    upf_pool: [
      100}
    ],
    # Las sesiones IoT obtienen PCO completamente personalizado
    pco: %{
      primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
      secondary_dns_server_address: "8.8.4.4",
      primary_nbns_server_address: "10.0.0.100",

```

```

        secondary_nbns_server_address: "10.0.0.101",
        p_cscf_ipv4_address_list: [], # Sin P-CSCF para IoT
        ipv4_link_mtu_size: 1280      # MTU más pequeño para
dispositivos restringidos
    }
}
]

```

Casos de Uso:

- **IMS/VoLTE:** Proporcionar servidores P-CSCF específicos del operador para servicios de voz
- **APNs Empresariales:** Enrutar tráfico corporativo a través de servidores DNS de la empresa
- **IoT/M2M:** Usar DNS público y MTU optimizado para dispositivos de bajo ancho de banda
- **Itinerancia:** Proporcionar servidores DNS locales para suscriptores visitantes
- **Diferenciación de Servicios:** Diferentes parámetros de red por tipo de servicio

Selección de UPF Basada en DNS:

Habilitar la selección dinámica de UPF basada en la Información de Ubicación del Usuario (ULI) utilizando consultas NAPTR de DNS. Las configuraciones DNS ahora se configuran dentro de la sección `upf_selection`.

Nota: Esto proporciona selección de UPF basada en geografía o topología. Ver [Interfaz PFCP](#) para configuración de asociación PFCP con UPFs descubiertos dinámicamente y [Gestión de Sesiones](#) para flujos de establecimiento de sesiones.

```

upf_selection: %{
    # Habilitar selección basada en DNS
    dns_enabled: true,

    # Tipos de ubicación para consultar en orden de prioridad
    dns_query_priority: [:ecgi, :tai, :rai, :sai, :cgi],

    # Sufijo DNS para consultas NAPTR 3GPP
    dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",

    # Tiempo de espera de consulta DNS en milisegundos
    dns_timeout_ms: 5000,

    # ... reglas y fallback_pool ...
}

```

La selección basada en DNS funciona de la siguiente manera:

1. **Prioridad:** La selección DNS se utiliza solo cuando **NINGUNA regla estática coincide** (baja prioridad)
2. **Generación de Consulta:** Construye consultas NAPTR de DNS basadas en la ubicación de UE:
 - Consulta ECGI: `eci-<hex>.ecgi.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.epc.3gppnetwork.org`
 - Consulta TAI: `tac-lb<hex>.tac-hb<hex>.tac.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.epc.3gppnetwork.org`
 - Consultas RAI, SAI, CGI siguen un formato similar a 3GPP TS 23.003
3. **Jerarquía de Respaldo:** Intenta cada tipo de ubicación en orden de prioridad hasta que se encuentre una coincidencia
4. **Coincidencia de Pares:** Los resultados de DNS se filtran contra la lista de pares configurados
5. **Selección:** Elige el par coincidente (actualmente la primera coincidencia, la selección basada en carga vendrá pronto)

Ejemplo de Registros DNS (configurar en su servidor DNS):

```
; Registro NAPTR para TAC 100 en PLMN 313-380
tac-lb64.tac-hb00.tac.epc.mnc380.mcc313.epc.3gppnetwork.org IN NAPTR
10 50 "a" "x-3gpp-upf:x-sxb" "" upf-edge-1.example.com.
```

```
; Registro A para el UPF
upf-edge-1.example.com IN A 10.100.1.21
```

Casos de Uso:

- **Computación en el Borde (MEC):** Enrutar sesiones a UPFs de borde geográficamente más cercanos
- **Descubrimiento Dinámico de UPF:** Agregar/eliminar UPFs sin reconfigurar PGW-C
- **Balanceo de Carga:** Distribuir carga entre UPFs según ubicación
- **Segmentación de Red:** Enrutar diferentes segmentos a diferentes UPFs por ubicación

Monitoreo de Salud de UPF

Selección Consciente de Salud Automática: El PGW-C monitorea continuamente la salud de todos los UPFs y excluye automáticamente los UPFs no saludables de la selección.

Criterios de Verificación de Salud

Un UPF se considera **saludable** cuando se cumplen TODAS las siguientes condiciones:

1. **Asociación PFCP Activa:** El UPF tiene una asociación PFCP establecida
2. **Responsividad de Latido:** Menos de 3 latidos consecutivos perdidos

3. **Proceso Vivo:** El proceso GenServer del par UPF está en ejecución

Un UPF se considera **no saludable** si CUALQUIERA de las siguientes es verdadera:

- La asociación PFCP no está establecida (`associated: false`)
- 3 o más fallos consecutivos de latido
- El proceso del par UPF se ha bloqueado o no responde

Mecanismo de Monitoreo

Para UPFs Configurados (en `upf_selection`):

- El seguimiento de salud comienza inmediatamente al arrancar
- La asociación PFCP se monitorea continuamente
- Los latidos se envían cada 5 segundos
- El contador `missed_heartbeats_consecutive` rastrea fallos consecutivos
- Todos los UPFs de reglas y grupo de respaldo se registran automáticamente

Para UPFs Descubiertos por DNS (registro dinámico):

- Se asume que son saludables hasta el primer intento de sesión
- Se registran automáticamente en el primer uso
- El seguimiento de salud comienza después del registro

Comportamiento de Selección

Modo Activo/Respaldo (al usar `weight: 0`):

1. Filtrar solo UPFs saludables
2. Separar en **activos** (peso > 0) y **respaldo** (peso == 0)
3. Usar UPFs activos si alguno es saludable
4. Activar UPFs de respaldo (tratar como peso 1) si todos los activos son no saludables
5. Volver al grupo completo si no existen UPFs saludables

Modo Balanceado por Carga (todos peso > 0):

1. Filtrar solo UPFs saludables
2. Realizar selección aleatoria ponderada entre UPFs saludables
3. Volver al grupo completo si no existen UPFs saludables

Registro:

```
[debug] Usando grupo activo de UPF (2/3 UPFs saludables, 1 de respaldo)
[info] Todos los UPFs activos caídos, activando UPFs de respaldo (1 UPFs de respaldo, tratando peso 0 como 1)
```

```
[warning] No hay UPFs saludables en el grupo (3 en total), usando grupo completo como respaldo
```





Verificando la Salud de UPF

Programáticamente:

```
# Verificar si un UPF específico es saludable
iex> PGW_C.PFCP_Node.is_peer_healthy({10, 100, 1, 21})
true

# Obtener información de salud detallada
iex> PGW_C.PFCP_Node.get_peer_health({10, 100, 1, 21})
%{
  associated: true,
  missed_heartbeats: 0,
  healthy: true,
  registered: true
}
```

A través de la Interfaz Web:

- Navegar a /upf_selection en el panel de control
- Ver estado de salud en tiempo real para todos los UPFs en cada grupo
- Insignias de estado:  UPF Activo,  Respaldo Listo,  Activo CAÍDO,  No Asociado
- Insignias de rol: ACTIVO (peso > 0), RESPALDO (peso == 0), DINÁMICO (descubierto por DNS, no en config)
- Contador de fallos de latido mostrado para UPFs asociados

Mejores Prácticas de Monitoreo de Salud

1. **Configurar UPFs en upf_selection:** Todos los UPFs en reglas y grupos de respaldo se monitorean automáticamente

```
upf_selection: %{
  rules: [
    %{
      name: "Tráfico de Internet",
      priority: 10,
      match_field: :apn,
      match_regex: "^internet",
      upf_pool: [
        %{remote_ip_address: "10.100.1.21", remote_port: 8805,
weight: 100}
      ]
    }
  ],
}
```

```

    fallback_pool: [
        %{remote_ip_address: "10.100.2.21", remote_port: 8805,
weight: 100}
    ]
}
# Todos los UPFs automáticamente obtienen:
# - Latidos de 5 segundos
# - Monitoreo de salud desde el inicio
# - Nombres autogenerados

```

2. **Usar UPFs de respaldo:** Configurar respaldos en caliente con weight: 0 para failover automático

```

upf_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.1.1.1", remote_port: 8805, weight:
100}, # Activo
    %{remote_ip_address: "10.1.1.2", remote_port: 8805, weight: 0}
# Respaldo
]

```

3. **Monitorear a través de la Interfaz Web:** Revisar regularmente el estado de salud de UPF en el panel de control
4. **Ajustar el umbral de latido:** Ajustar el umbral de < 3 fallos de latido en el código si es necesario
 - Ubicado en: lib/core/pfcp_node/impl/peer.ex función is_peer_healthy?/1
 - Umbral más bajo = detección de fallos más rápida pero más sensible a fallos de red
 - Umbral más alto = más tolerante pero más lento en fallos

Registro Dinámico de UPF

Función: El PGW-C registra y monitorea automáticamente los UPFs descubiertos a través de DNS, incluso si no están en la configuración de upf_selection.

Cómo Funciona

Cuando cualquier método de selección (reglas estáticas, grupos o DNS) devuelve un UPF que no está ya registrado, el sistema automáticamente:

1. **Crea un Par PFCP:** Genera una configuración predeterminada para el UPF desconocido
2. **Inicia Asociación PFCP:** Intenta establecer una asociación PFCP con el UPF
3. **Registra en el Registro de Pares:** Agrega el UPF al sistema interno de seguimiento de pares

4. **Inicia Monitoreo de Latidos:** Comienza intercambios de latidos periódicos (intervalos de 10 segundos)
5. **Rastrea Vitalidad:** Monitorea el UPF para fallos y recuperación

Configuración Predeterminada para UPFs Dinámicos

Cuando un UPF se registra dinámicamente, recibe la siguiente configuración predeterminada:

```
%{
  name: "Dynamic-UPF-<IP>",          # por ejemplo, "Dynamic-
UPF-10-100-1-21"
  remote_ip_address: <discovered_ip>, # IP de DNS o selección
  remote_port: 8805,                  # Puerto PFCP estándar
(sobrescribible)
  initiate_pfcpl_association_setup: true, # PGW-C inicia la asociación
  heartbeat_period_ms: 10_000          # Intervalo de latido de 10
segundos
}
```

Nota: Los UPFs dinámicos se registran puramente para la gestión de asociaciones. Se utilizan como objetivos en las reglas de `upf_selection`, no como fuentes de lógica de selección.

Ejemplo: DNS Devuelve UPF Desconocido

```
# La consulta DNS devuelve: upf-edge-2.example.com -> 10.200.5.99
# Este UPF NO está en su configuración de upf_selection

# Flujo de registro dinámico:
# 1. El sistema detecta el UPF desconocido 10.200.5.99
# 2. Registra: "UPF {10, 200, 5, 99} no preconfigurado, intentando
registro dinámico..."
# 3. Envía Solicitud de Establecimiento de Asociación PFCP a
10.200.5.99:8805
# 4. Si el UPF responde: Asociación establecida, la sesión continúa
normalmente
# 5. Si el UPF no responde: La sesión falla de manera limpia con un
mensaje de error claro
```

Beneficios

- ❖ **Descubrimiento Dinámico Verdadero:** La selección de UPF basada en DNS ahora funciona sin preconfiguración
- ❖ **Escalado Automático:** Agregar UPFs a su red sin reiniciar PGW-C
- ❖ **Degradación Limpia:** Si la asociación falla, las sesiones fallan de manera limpia (sin bloqueos)
- ❖ **Compatibilidad Retroactiva:** Los UPFs preconfigurados continúan

funcionando exactamente como antes

❖ **Monitoreo Completo:** Los UPFs dinámicos obtienen el mismo monitoreo de latidos que los pares estáticos

Manejo de Fallos

Si un UPF descubierto dinámicamente no responde a la Solicitud de Establecimiento de Asociación PFCP:

```
[error] Fallo en el Establecimiento de Asociación PFCP para el UPF
dinámico {10, 200, 5, 99}: :timeout
```

```
[error] Fallo en el registro dinámico del UPF {10, 200, 5, 99}:
:timeout.
```

La creación de sesión fallará. Considere agregar este UPF a la configuración de upf_selection.

La creación de sesión fallará, pero el PGW-C permanece estable y continúa procesando otras sesiones.

Cuándo Preconfigurar vs. Registro Dinámico

Escenario	Recomendación
UPFs de Núcleo de Producción	Preconfigurar en upf_selection (configuración explícita, monitoreada desde el inicio)
UPFs de Borde Descubiertos por DNS	Usar registro dinámico (escalado automático con infraestructura)
UPFs de Prueba/Desarrollo	Ambas enfoques funcionan (dinámico es más conveniente)
**UPFs Críticos para la Misión	



Formato del Registro de Datos de Carga (CDR)

Carga Offline para PGW-C y SGW-C

Tabla de Contenidos

- [Descripción General](#)
- [Formato del Archivo CDR](#)
- [Campos del CDR](#)
- [Eventos del CDR](#)
- [Estructura del Archivo](#)
- [Configuración](#)
- [Flujo de Generación del CDR](#)
- [Detalles de los Campos](#)
- [Ejemplos](#)
- [Integración](#)

Descripción General

El formato **CDR de Datos (Registro de Datos de Carga)** proporciona capacidades de carga offline tanto para el Plano de Control del Gateway de Paquetes (PGW-C) como para el Plano de Control del Gateway de Servicio (SGW-C). Los CDR se generan para registrar eventos de sesión de portadora, uso de datos e información del suscriptor con fines de facturación y análisis.

Este formato común es utilizado por ambos elementos de la red para garantizar la consistencia en los registros de carga a través de la infraestructura EPC.

Características Clave

- Formato basado en CSV** - Valores separados por comas, simples y legibles para humanos
- Grabación basada en eventos** - Captura eventos de inicio, actualización y finalización de portadoras
- Medición de volumen** - Registra el uso de datos en enlace ascendente y descendente
- Rotación automática** - Rotación de archivos configurable basada en intervalos de tiempo
- Cumplimiento con 3GPP** - Sigue 3GPP TS 32.251 (carga de dominio PS) y TS 32.298 (codificación de CDR)

Casos de Uso

Caso de Uso	Descripción
Carga Offline	Generar CDRs para facturación postpaga
Análisis	Analizar patrones de uso de suscriptores
Registro de Auditoría	Rastrear todos los eventos de sesión de portadora
Planificación de Capacidad	Monitorear la utilización de recursos de la red
Resolución de Problemas	Depurar problemas de sesión y portadora

Formato del Archivo CDR

Convención de Nombres de Archivos

<epoch_timestamp>

Ejemplo:

1726598022

El nombre del archivo es la marca de tiempo de época Unix (en segundos) de cuando se creó el archivo.

Ubicación del Archivo

Directorios predeterminados:

- PGW-C: /var/log/pgw_c/cdrs/
- SGW-C: /var/log/sgw_c/cdrs/

Configurable a través del parámetro `directory` en la configuración del reportador de CDR.

Encabezado del Archivo

Cada archivo CDR comienza con un encabezado de múltiples líneas que contiene metadatos:

```
# Archivo CDR de Datos:
# Hora de Inicio del Archivo: HH:MM:SS (unix_timestamp)
# Hora de Fin del Archivo: HH:MM:SS (unix_timestamp)
# Nombre del Gateway: <gateway_name>
# epoch,imsi,event,charging_id,msisdn,ue_imei,timezone_raw,plmn,tac,eci,sgw_ip,ue_ip,pgw_ip,apn,qci,octets_in,octets_out
```

Campos del Encabezado:

- Hora de Inicio del Archivo** - Cuando se creó el archivo CDR (legible para humanos y marca de tiempo Unix)
- Hora de Fin del Archivo** - Cuando ocurrirá la rotación del archivo (legible para humanos y marca de tiempo Unix)
- Nombre del Gateway** - Identificador para la instancia del gateway (PGW-C o SGW-C)
- Encabezados de Columna** - Nombres de campos CSV para los registros de datos

Campos del CDR

Resumen de Campos

Posición	Nombre del Campo	Tipo	Descripción
0	epoch	entero	Marca de tiempo del evento (segundos de época Unix)
1	imsi	cadena	Identidad Internacional del Suscriptor Móvil
2	event	cadena	Tipo de evento CDR (por ejemplo, "default_bearer_start")
3	charging_id	entero	Identificador único de carga para la portadora
4	msisdn	cadena	Número ISDN de la Estación Móvil (número de teléfono)
5	ue_imei	cadena	Identidad Internacional de Equipos Móviles
6	timezone_raw	cadena	Zona horaria del UE (reservado, actualmente vacío)
7	plmn	entero	Identificador de la Red Móvil Pública
8	tac	entero	Código de Área de Seguimiento
9	eci	entero	Identificador de Celda E-UTRAN
10	sgw_ip	cadena	Dirección IP del plano de control S5/S8 de SGW-C (o IP S5/S8 de PGW-C para CDRs de PGW)
11	ue_ip	cadena	Dirección IP del UE (formato IPv4 IPv6)
12	pgw_ip	cadena	Dirección IP del plano de control S5/S8 de PGW-C
13	apn	cadena	Nombre del Punto de Acceso
14	qci	entero	Identificador de Clase de QoS
15	octets_in	entero	Volumen de datos en enlace descendente (bytes)
16	octets_out	entero	Volumen de datos en enlace ascendente (bytes)

Eventos del CDR

Tipos de Eventos

Los CDR se generan para tres tipos de eventos:

Tipo de Evento	Formato	Descripción	Cuándo se Genera
Inicio de Portadora	<type>_bearer_start	Establecimiento de la portadora	Respuesta de Creación de Sesión enviada
Actualización de Portadora	<type>_bearer_update	Informe de uso durante la sesión	Informes de uso periódicos desde el plano de usuario
Fin de Portadora	<type>_bearer_end	Terminación de la portadora	Solicitud/Respuesta de Eliminación de Sesión

Tipos de Portadora:

- default - Portadora predeterminada (una por conexión PDN)
- dedicated - Portadora dedicada (cero o más por conexión PDN)

Ejemplos de Eventos

default_bearer_start	- Portadora predeterminada establecida
default_bearer_update	- Actualización de uso de la portadora predeterminada
default_bearer_end	- Portadora predeterminada terminada
dedicated_bearer_start	- Portadora dedicada establecida
dedicated_bearer_update	- Actualización de uso de la portadora dedicada
dedicated_bearer_end	- Portadora dedicada terminada

Estructura del Archivo

Ejemplo de Archivo CDR

```
# Archivo CDR de Datos:
# Hora de Inicio del Archivo: 18:53:42 (1726598022)
# Hora de Fin del Archivo: 19:53:42 (1726601622)
# Nombre del Gateway: pgw-c-prod-01
# epoch,imsi,event,charging_id,msisdn,ue_imei,timzone_raw,plmn,tac,eci,sgw_ip,ue_ip,pgw_ip,apn,qci,octets_in,octets_out
1726598022,310260123456789,default_bearer_start,12345,15551234567,123456789012345,,349552,1234,5678,10.0.1.10,172.16.1.100|2001:db8::1,10.0.1.20,internet,9,0,0
1726598322,310260123456789,default_bearer_update,12345,15551234567,123456789012345,,349552,1234,5678,10.0.1.10,172.16.1.100|2001:db8::1,10.0.1.20,internet,9,1048576,524288
1726598622,310260123456789,default_bearer_update,12345,15551234567,123456789012345,,349552,1234,5678,10.0.1.10,172.16.1.100|2001:db8::1,10.0.1.20,internet,9,5242880,2097152
1726598922,310260123456789,default_bearer_end,12345,15551234567,123456789012345,,349552,1234,5678,10.0.1.10,172.16.1.100|2001:db8::1,10.0.1.20,internet,9,10485760,5242880
```

Rotación de Archivos

Los archivos CDR se rotan automáticamente según la duración configurada:

Proceso de Rotación:

1. Cerrar el archivo CDR actual
2. Crear un nuevo archivo con la marca de tiempo actual
3. Escribir el encabezado en el nuevo archivo
4. Continuar registrando CDRs en el nuevo archivo

Configuración

Parámetros de Configuración

Parámetro	Tipo	Descripción	Predeterminado	Recomendado
gateway_name	cadena	Identificador de la instancia del gateway	-	Usar nombre de host o ID de instancia
duration	entero	Intervalo de rotación del archivo (ms)	-	3600000 (1 hora)
directory	cadena	Ruta del directorio de salida del CDR	-	/var/log/{pgw,sgw}_c/cdrs

Ejemplos de Configuración

Producción:

- **gateway_name:** "pgw-c-prod-01" o "sgw-c-prod-01"
- **duration:** 3,600,000 ms (rotación de 1 hora)
- **directory:** "/var/log/pgw_c/cdrs" o "/var/log/sgw_c/cdrs"

Desarrollo:

- **gateway_name:** "pgw-c-dev" o "sgw-c-dev"
- **duration:** 300,000 ms (rotación de 5 minutos para pruebas)
- **directory:** "/tmp/pgw_c_cdrs" o "/tmp/sgw_c_cdrs"

Alto Volumen:

- **gateway_name:** "pgw-c-prod-heavy" o "sgw-c-prod-heavy"
- **duration:** 1,800,000 ms (rotación de 30 minutos)
- **directory:** "/mnt/fast-storage/cdrs"

Flujo de Generación del CDR

Eventos de CDR del Ciclo de Vida de la Portadora

Generación de CDR de SGW-C:

Generación de CDR de PGW-C:

Eventos de Generación de CDR

1. Inicio de Portadora:

- **Cuándo:** Se envía la Respuesta de Creación de Sesión
- **Propósito:** Registra el establecimiento de la portadora con uso cero
- **octets_in:** 0
- **octets_out:** 0

2. Actualización de Portadora:

- **Cuándo:** Se recibe la Solicitud de Informe de Sesión PFCP desde el plano de usuario
- **Propósito:** Registra el uso de datos incremental
- **octets_in:** Bytes acumulativos de enlace descendente desde el inicio de la portadora
- **octets_out:** Bytes acumulativos de enlace ascendente desde el inicio de la portadora

3. Fin de Portadora:

- **Cuándo:** Se recibe la Respuesta de Eliminación de Sesión PFCP (con uso final)
- **Propósito:** Registra el uso final de datos antes de la terminación de la sesión
- **octets_in:** Total final de bytes de enlace descendente
- **octets_out:** Total final de bytes de enlace ascendente

Detalles de los Campos

1. epoch (Marca de Tiempo)

Tipo: Marca de tiempo de época Unix (segundos)

Descripción: El momento en que ocurrió el evento CDR

Ejemplo:

1726598022 → 2025-09-17 18:53:42 UTC

Fuente: DateTime.utcnow() |> DateTime.to_unix()

2. imsi (Identidad del Suscriptor)

Tipo: Cadena (hasta 15 dígitos)

Formato: MCCMNC + MSIN

Descripción: Identidad Internacional del Suscriptor Móvil que identifica de manera única al suscriptor

Ejemplo:

310260123456789
MCC MNC MSIN
(310) (260) (123456789)

Fuente: Contexto del UE, recibido en la Solicitud de Creación de Sesión

3. event (Tipo de Evento CDR)

Tipo: Cadena

Formato: <bearer_type>_bearer_<event>

Valores:

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

Determinación:

- Si EBI (ID de Portadora EPS) es igual a LBI (ID de Portadora Vinculada): default
- Si EBI no es igual a LBI: dedicated

Fuente: Contexto de la portadora (comparación EBI vs LBI)

4. charging_id (Identificador de Carga)

Tipo: Entero sin signo de 32 bits

Descripción: Identificador único para la correlación de carga a través de los elementos de la red

Ejemplo:

12345

Fuente: Asignado por PGW-C, recibido en la Respuesta de Creación de Sesión

Uso:

- Correlaciona eventos de carga a través de SGW y PGW
- Usado en interfaces de carga Diameter Gy/Gz
- Único por portadora

5. msisdn (Número de Teléfono)

Tipo: Cadena (formato E.164)

Descripción: Número ISDN de la Estación Móvil (número de teléfono del suscriptor)

Formato: Código de país + número nacional

Ejemplo:

15551234567
CC Nacional
(1) (5551234567)

Fuente: Contexto del UE, típicamente del HSS a través de MME

6. ue_imei (Identidad del Equipo)

Tipo: Cadena (15 dígitos)

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

Descripción: Identidad Internacional de Equipos Móviles (identificador del dispositivo)

Ejemplo:

123456789012345
TAC SNR S

Fuente: Contexto del UE, recibido de MME

7. timezone_raw (Zona Horaria del UE)

Tipo: Cadena (actualmente reservado/vacío)

Descripción: Campo reservado para información de la zona horaria del UE

Estado Actual: No poblado (campo vacío en CSV)

Uso Futuro: Puede incluir el desplazamiento de la zona horaria y la bandera de horario de verano

Ejemplo:
, (campo vacío)
8. plmn (Identificador de Red)
Tipo: Entero (formato legado)
Descripción: Identificador de la Red Móvil Pública codificado como hexadecimal little-endian
Proceso de Codificación:
MCC: 505, MNC: 57 ↓ "50557" ↓ Intercambiar pares: "055570" ↓ Hex a decimal: 0x055570 = 349552
Ejemplo:
349552 → MCC: 505, MNC: 57
Fuente: Información de ubicación del UE desde MME
Nota: Este es un formato de codificación legado para compatibilidad hacia atrás
9. tac (Código de Área de Seguimiento)
Tipo: Entero sin signo de 16 bits
Descripción: El Código de Área de Seguimiento identifica el área de seguimiento donde se encuentra el UE
Rango: 0 - 65535
Ejemplo:
1234
Fuente: Información de ubicación del UE, recibida de MME en la Solicitud de Creación de Sesión
Uso: <ul style="list-style-type: none">• Identifica el área de gestión de movilidad• Usado para paginación y actualizaciones de ubicación• Parte de TAI (Identidad del Área de Seguimiento)
10. eci (Identificador de Celda E-UTRAN)
Tipo: Entero sin signo de 28 bits
Descripción: El Identificador de Celda E-UTRAN identifica de manera única la celda que atiende al UE
Formato: ID de eNodeB (20 bits) + ID de Celda (8 bits)
Rango: 0 - 268,435,455
Ejemplo:
5678
Fuente: Información de ubicación del UE desde MME
Uso: <ul style="list-style-type: none">• Identifica la torre de celda y sector específicos• Usado para trasposos y gestión de movilidad• Información de ubicación granular
11. sgw_ip (IP del Plano de Control del Gateway)
Tipo: Cadena (dirección IPv4 o IPv6)
Descripción: Dirección IP del plano de control S5/S8 de Gateway (F-TEID) <ul style="list-style-type: none">• Para CDRs de SGW-C: IP del plano de control S5/S8 de SGW-C• Para CDRs de PGW-C: IP del plano de control S5/S8 de PGW-C (F-TEID local)
Formato: Decimal con puntos (IPv4) o hexadecimal con dos puntos (IPv6)
Ejemplo:
10.0.1.10 (IPv4) 2001:db8::10 (IPv6)
Fuente: <ul style="list-style-type: none">• SGW-C: Configuración local, asignada a la interfaz S5/S8• PGW-C: Configuración local, asignada a la interfaz S5/S8
Nota: A pesar del nombre del campo "sgw_ip", este contiene la dirección IP del gateway local tanto para CDRs de PGW como de SGW
12. ue_ip (Dirección IP del UE)
Tipo: Cadena (formato IPv4 IPv6)
Descripción: Dirección IP asignada al UE para la conexión PDN
Formato: <ipv4> <ipv6>
Ejemplos:
172.16.1.100 (solo IPv4) [2001:db8::1 (solo IPv6) 172.16.1.100 2001:db8::1 (dual-stack)
Fuente: Asignación de Dirección PDN (PAA) desde PGW-C
Notas: <ul style="list-style-type: none">• IPv4 vacío: No se asignó dirección IPv4• IPv6 vacío: No se asignó dirección IPv6• Ambos presentes: Conexión PDN de doble pila

13. pgw_ip (IP del Plano de Control del Gateway Par)

Tipo: Cadena (dirección IPv4 o IPv6)

Descripción: Dirección IP del plano de control S5/S8 del gateway par (F-TEID)

- Para CDRs de SGW-C: IP del plano de control S5/S8 de PGW-C (F-TEID remoto)
- Para CDRs de PGW-C: IP del plano de control S5/S8 de SGW-C (F-TEID remoto)

Formato: Decimal con puntos (IPv4) o hexadecimal con dos puntos (IPv6)

Ejemplo:

10.0.1.20 (IPv4)
2001:db8::20 (IPv6)

Fuente:

- SGW-C: Recibido en la Respuesta de Creación de Sesión de PGW-C
- PGW-C: Recibido en la Solicitud de Creación de Sesión de SGW-C

Nota: A pesar del nombre del campo "pgw_ip", este contiene la dirección IP del gateway par

14. apn (Nombre del Punto de Acceso)

Tipo: Cadena (hasta 100 caracteres)

Descripción: Nombre del Punto de Acceso que identifica la red externa (PDN)

Formato: Formato de etiqueta similar a DNS

Ejemplos:

internet
ims
mms
enterprise.corporate

Fuente: Recibido en la Solicitud de Creación de Sesión de MME

Uso:

- Determina a qué red externa conectarse
- Impulsa políticas y reglas de carga
- Puede determinar el grupo de direcciones IP

15. qci (Identificador de Clase de QoS)

Tipo: Entero sin signo de 8 bits

Descripción: El Identificador de Clase de QoS define la calidad de servicio de la portadora

Rango: 1 - 9 (estandarizado), 128-254 (especifico del operador)

Valores de QCI Estandarizados:

QCI	Tipo de Recurso	Prioridad	Retraso de Paquete	Pérdida de Paquete	Servicio de Ejemplo
1	GBR	2	100 ms	10 ⁻²	Voz Conversacional
2	GBR	4	150 ms	10 ⁻³	Video Conversacional
3	GBR	3	50 ms	10 ⁻³	Juegos en Tiempo Real
4	GBR	5	300 ms	10 ⁻⁶	Video No Conversacional
5	No-GBR	1	100 ms	10 ⁻⁶	Señalización IMS
6	No-GBR	6	300 ms	10 ⁻⁶	Video (almacenado)
7	No-GBR	7	100 ms	10 ⁻³	Voz, Video, Juegos
8	No-GBR	8	300 ms	10 ⁻⁶	Video (almacenado)
9	No-GBR	9	300 ms	10 ⁻⁶	Portadora Predeterminada

Ejemplo:

9 → Portadora predeterminada (mejor esfuerzo)

Fuente: Parámetros de QoS de la portadora desde PGW-C

16. octets_in (Volumen de Enlace Descendente)

Tipo: Entero sin signo de 64 bits

Descripción: Número de bytes transmitidos en la dirección de enlace descendente (red → UE)

Unidades: Bytes

Ejemplo:

1048576 → 1 MB en enlace descendente

Fuente: Medición de Volumen PFPCP desde el plano de usuario (PGW-U o SGW-U)

Notas:

- Acumulativo para eventos update
- Total final para eventos end
- Siempre 0 para eventos start

17. octets_out (Volumen de Enlace Ascendente)

Tipo: Entero sin signo de 64 bits

Descripción: Número de bytes transmitidos en la dirección de enlace ascendente (UE → red)

Unidades: Bytes

Ejemplo:

524288 → 512 KB en enlace ascendente

Fuente: Medición de Volumen PFPCP desde el plano de usuario (PGW-U o SGW-U)

Notas:

- Acumulativo para eventos update
- Total final para eventos end
- Siempre 0 para eventos start

Ejemplos

Ejemplo 1: Sesión Básica con Actualización Única

Línea de Tiempo:

- 1. Portadora establecida
- 2. 5 minutos después: Actualización de uso (10 MB abajo, 5 MB arriba)
- 3. Sesión terminada

Salida del CDR:

```
# Archivo CDR de Datos:
# Hora de Inicio del Archivo: 10:00:00 (1726570800)
# Hora de Fin del Archivo: 11:00:00 (1726574400)
# Nombre del Gateway: pgw-c-01
# epoch,imsi,event,charging_id,msisdn,ue_imei,timezone_raw,plmn,tac,eci,sgw_ip,ue_ip,pgw_ip,apn,qci,octets_in,octets_out
1726570800,3102601111111111,default_bearer_start,10001,15551111111,1111111111111111,,349552,1000,2000,10.0.1.1,172.16.1.1|,10.0.2.1,internet,9,0,0
1726571100,3102601111111111,default_bearer_update,10001,15551111111,1111111111111111,,349552,1000,2000,10.0.1.1,172.16.1.1|,10.0.2.1,internet,9,10485760,5242880
1726571400,3102601111111111,default_bearer_end,10001,15551111111,1111111111111111,,349552,1000,2000,10.0.1.1,172.16.1.1|,10.0.2.1,internet,9,10485760,5242880
```

Ejemplo 2: Sesión de Doble Pila con Múltiples Actualizaciones

Línea de Tiempo:

- 1. Portadora de doble pila establecida (IPv4 + IPv6)
- 2. Múltiples actualizaciones de uso
- 3. Sesión terminada

Salida del CDR:

```
1726570800,3102602222222222,default_bearer_start,10002,15552222222,2222222222222222,,349552,1001,2001,10.0.1.1,172.16.1.2|2001:db8::2,10.0.2.1,internet,9,0,0
1726571100,3102602222222222,default_bearer_update,10002,15552222222,2222222222222222,,349552,1001,2001,10.0.1.1,172.16.1.2|2001:db8::2,10.0.2.1,internet,9,2097152,1048576
1726571400,3102602222222222,default_bearer_update,10002,15552222222,2222222222222222,,349552,1001,2001,10.0.1.1,172.16.1.2|2001:db8::2,10.0.2.1,internet,9,8388608,4194304
1726571700,3102602222222222,default_bearer_update,10002,15552222222,2222222222222222,,349552,1001,2001,10.0.1.1,172.16.1.2|2001:db8::2,10.0.2.1,internet,9,20971520,10485760
1726572000,3102602222222222,default_bearer_end,10002,15552222222,2222222222222222,,349552,1001,2001,10.0.1.1,172.16.1.2|2001:db8::2,10.0.2.1,internet,9,31457280,15728640
```

Ejemplo 3: Sesión con Portadora Dedicada

Línea de Tiempo:

- 1. Portadora predeterminada establecida (QCI 9)
- 2. Portadora dedicada creada para video (QCI 6)
- 3. Actualizaciones de uso para ambas portadoras
- 4. Portadora dedicada eliminada
- 5. Portadora predeterminada terminada

Salida del CDR:

```
1726570800,3102603333333333,default_bearer_start,10003,15553333333,3333333333333333,,1258248,1002,2002,10.0.1.1,172.16.1.3|,10.0.2.1,internet,9,0,0
1726571100,3102603333333333,dedicated_bearer_start,10004,15553333333,3333333333333333,,1258248,1002,2002,10.0.1.1,172.16.1.3|,10.0.2.1,internet,6,0,0
1726571400,3102603333333333,default_bearer_update,10003,15553333333,3333333333333333,,1258248,1002,2002,10.0.1.1,172.16.1.3|,10.0.2.1,internet,9,5242880,2097152
1726571700,3102603333333333,dedicated_bearer_update,10004,15553333333,3333333333333333,,1258248,1002,2002,10.0.1.1,172.16.1.3|,10.0.2.1,internet,6,104857600,1048576
1726571700,3102603333333333,dedicated_bearer_end,10004,15553333333,3333333333333333,,1258248,1002,2002,10.0.1.1,172.16.1.3|,10.0.2.1,internet,6,209715200,2097152
1726572000,3102603333333333,default_bearer_end,10003,15553333333,3333333333333333,,1258248,1002,2002,10.0.1.1,172.16.1.3|,10.0.2.1,internet,9,10485760,4194304
```

Análisis:

- La portadora predeterminada (10003) transporta tráfico de fondo (10 MB abajo, 4 MB arriba)
- La portadora dedicada (10004) transporta tráfico de video (200 MB abajo, 2 MB arriba)
- Diferentes valores de QCI (9 vs 6) reflejan diferentes tratamientos de QoS

Integración

Pipeline de Procesamiento de CDR

Métodos de Recolección de CDR

1. Recolección Basada en Archivos:

```
# Monitorear el directorio CDR (ejemplo PGW-C)
inotifywait -m /var/log/pgw_c/cdrs/ -e close_write | while read path action file; do
    # Rotación de archivo completada, procesar CDR
    process_cdr "$path$file"
done

# Monitorear el directorio CDR (ejemplo SGW-C)
inotifywait -m /var/log/sgw_c/cdrs/ -e close_write | while read path action file; do
    # Rotación de archivo completada, procesar CDR
    process_cdr "$path$file"
done
```

2. Transmisión en Tiempo Real:

```
# Seguir y transmitir al pipeline de procesamiento
tail -F /var/log/pgw_c/cdrs/* /var/log/sgw_c/cdrs/* | process_cdr_stream
```

Documentación Relacionada

Carga

- [Interfaz Diameter Gy](#) - Carga online para suscriptores de prepago
- [Interfaz Diameter Gx](#) - Control de políticas y reglas de carga en CDRs
- [Guía de Configuración](#) - Configuración de carga online

Fuentes de Datos

- [Interfaz PFCP](#) - Informe de uso desde PGW-U a través de URRs
- [Interfaz S5/S8](#) - Información de portadora para CDRs
- [Gestión de Sesiones](#) - Ciclo de vida de la sesión y activadores de CDR
- [Asignación de IP del UE](#) - Direcciones IP del UE registradas en CDRs

Operaciones

- [Guía de Monitoreo](#) - Métricas de generación de CDR, seguimiento de integración de facturación
- [Configuración de PCO](#) - Contexto de parámetros de red para CDRs

Referencias 3GPP:

- TS 32.251 - Carga de dominio de Paquetes (PS)
- TS 29.274 - Sistema de Paquetes Evolucionado (EPS) de 3GPP; Protocolo de Túnel de Servicio General Evolucionado (GPRS) para el plano de control (GTPv2-C)
- TS 29.244 - Interfaz entre los nodos del Plano de Control y del Plano de Usuario (PFCP)



Documentación de la Interfaz Gx de Diameter

Función de Reglas de Políticas y Cargos (PCRF)

Tabla de Contenidos

1. [Descripción General](#)
 2. [Fundamentos de la Interfaz Gx](#)
 3. [Protocolo Diameter](#)
 4. [Mensajes de Control de Crédito](#)
 5. [Reglas de Políticas y Cargos](#)
 6. [Configuración](#)
 7. [Flujos de Mensajes](#)
 8. [Manejo de Errores](#)
 9. [Resolución de Problemas](#)
-

Descripción General

La **interfaz Gx** conecta PGW-C con el **PCRF (Función de Reglas de Políticas y Cargos)** o **PCF (Función de Control de Políticas)** en redes 5G. Esta interfaz permite:

- **Control de Políticas Dinámico** - Aplicación de QoS y políticas en tiempo real
- **Control de Cargos** - Autorización de crédito y seguimiento de uso
- **Conciencia del Servicio** - Diferenciación de tráfico a nivel de aplicación
- **Gestión del Perfil del Suscriptor** - Aplicación de políticas por usuario

Gx en la Arquitectura de Red

Funciones Clave

Función	Descripción
Provisionamiento de Políticas	PCRF proporciona reglas PCC que definen cómo manejar el tráfico
Control de QoS	Ajuste dinámico de tasas de bits y parámetros de QoS
Control de Cargos	Autorización de crédito para escenarios prepagados/postpagados

Función	Descripción
Control de Gating	Habilitar/deshabilitar flujos de tráfico según la política
Monitoreo de Uso	Seguimiento del consumo de datos por servicio

Fundamentos de la Interfaz Gx

Referencia 3GPP

- **Especificación:** 3GPP TS 29.212
- **ID de Aplicación Diameter:** 16777238 (Gx)
- **Protocolo:** Protocolo Base Diameter (RFC 6733)

Concepto de Sesión

Cada conexión PDN de UE tiene una **sesión Gx** correspondiente identificada por un **Session-ID**. Esta sesión:

- Se crea cuando UE se conecta (CCR-Initial)
- Se actualiza durante la vida de la conexión (CCR-Update) - opcional
- Se termina cuando UE se desconecta (CCR-Termination)

Formato del ID de Sesión

```
Session-ID: <Origin-Host>;<high32>;<low32>[;<optional>]
Ejemplo: omni-
pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org;1234567890;98765
```

Componentes:

- **Origin-Host:** Identidad Diameter de PGW-C
- **high32:** 32 bits altos del identificador único
- **low32:** 32 bits bajos del identificador único

Protocolo Diameter

Estructura del Mensaje

Los mensajes Diameter están codificados en binario con la siguiente estructura:

```
Encabezado Diameter (20 bytes)
├── Versión (1 byte) = 1
├── Longitud del Mensaje (3 bytes)
├── Banderas (1 byte)
│   ├── R: Solicitud (1) / Respuesta (0)
│   └── P: Proxiable
```

— E: Error
— T: Potencialmente retransmitido
— ~~00~~ Código de Comando (3 bytes)
— ID de Aplicación (4 bytes) = 16777238 (Gx)
— ID de Salto a Salto (4 bytes)
— ID de Fin a Fin (4 bytes)

AVPs (Pares Atributo-Valor)

— Encabezado AVP
— Código AVP
— Banderas (V, M, P)
— Longitud AVP
— ID de Vendedor (opcional)
— Datos AVP

Conceptos Clave de Diameter

AVP (Par Atributo-Valor):

- Unidad de datos básica en Diameter
- Contiene un código, banderas y valor
- Puede estar anidado (AVP Agrupado)

Comando:

- Par Solicitud/Respuesta
- CCR (Solicitud de Control de Crédito) / CCA (Respuesta de Control de Crédito)

Códigos de Resultado:

- 2001 - DIAMETER_SUCCESS
- 3xxx - Errores de protocolo
- 4xxx - Fallos transitorios
- 5xxx - Fallos permanentes

Mensajes de Control de Crédito

PGW-C utiliza la **Aplicación de Control de Crédito Diameter** (RFC 4006) para Gx.

Tipos de Mensajes

CCR-Initial (Solicitud de Control de Crédito - Inicial)

Cuándo: UE crea una nueva conexión PDN

Propósito:

- Solicitar reglas de políticas y cargos iniciales
- Proporcionar contexto de UE y red al PCRF
- Obtener parámetros de QoS y autorización de cargos

AVPs Clave Enviados por PGW-C:

Nombre AVP	Código AVP	Tipo	Descripción
Session-Id	263	UTF8String	Identificador único de sesión Gx
Auth-Application-Id	258	Unsigned32	16777238 (Gx)
Origin-Host	264	DiamIdent	Identidad Diameter de PGW-C
Origin-Realm	296	DiamIdent	Reino Diameter de PGW-C
Destination-Realm	283	DiamIdent	Reino del PCRF
CC-Request-Type	416	Enumerated	1 = INITIAL_REQUEST
CC-Request-Number	415	Unsigned32	Número de secuencia (comienza en 0)
Subscription-Id	443	Grouped	Identificador de UE (IMSI/MSISDN)
Called-Station-Id	30	UTF8String	Nombre APN
Framed-IP-Address	8	OctetString	Dirección IPv4 asignada a UE
IP-CAN-Type	1027	Enumerated	5 = 3GPP-EPS
RAT-Type	1032	Enumerated	1004 = EUTRAN
QoS-Information	1016	Grouped	QoS actual (AMBR)
Network-Request-Support	1024	Enumerated	Procedimientos iniciados por la red
Supported-Features	628	Grouped	Lista de características de Gx

Ejemplo de Estructura CCR-I:

```
CCR (Código de Comando: 272, Solicitud)
├── Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456"
├── Auth-Application-Id: 16777238
├── Origin-Host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── CC-Request-Type: INITIAL_REQUEST (1)
├── CC-Request-Number: 0
├── Subscription-Id (Agrupado)
│   ├── Subscription-Id-Type: END_USER_IMSI (1)
│   └── Subscription-Id-Data: "310260123456789"
├── Called-Station-Id: "internet"
├── Framed-IP-Address: 100.64.1.42
├── IP-CAN-Type: 3GPP-EPS (5)
├── RAT-Type: EUTRAN (1004)
└── QoS-Information (Agrupado)
```

```
|
| | APN-Aggregate-Max-Bitrate-UL: 100000000 (100 Mbps)
| | APN-Aggregate-Max-Bitrate-DL: 50000000 (50 Mbps)
| Network-Request-Support: 1
| Supported-Features: [...]
```

CCA-Initial (Respuesta de Control de Crédito - Inicial)

Enviado por: PCRF en respuesta a CCR-I

Propósito:

- Autorizar o rechazar la sesión
- Proporcionar reglas PCC para el manejo del tráfico
- Especificar parámetros de QoS

AVPs Clave Recibidos por PGW-C:

Nombre AVP	Código AVP	Descripción
Result-Code	268	Éxito (2001) o código de error
Experimental-Result	297	Códigos de resultado específicos del vendedor
QoS-Information	1016	QoS autorizada (puede diferir de la solicitud)
Charging-Rule-Install	1001	Reglas PCC a activar
Charging-Rule-Definition	1003	Definiciones de reglas en línea
Default-EPS-Bearer-QoS	1049	QoS para el portador por defecto

Ejemplo de Respuesta de Éxito:

```
CCA (Código de Comando: 272, Respuesta)
| Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456"
| Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
| Origin-Host: "pcrf.example.com"
| Origin-Realm: "example.com"
| Auth-Application-Id: 16777238
| CC-Request-Type: INITIAL_REQUEST (1)
| CC-Request-Number: 0
| QoS-Information (Agrupado)
| | APN-Aggregate-Max-Bitrate-UL: 50000000 (50 Mbps - reducido)
| | APN-Aggregate-Max-Bitrate-DL: 100000000 (100 Mbps -
aumentado)
| Charging-Rule-Install (Agrupado)
| | Charging-Rule-Name: "default_internet_rule"
| | Charging-Rule-Name: "video_streaming_rule"
| Charging-Rule-Definition (Agrupado)
```

```
├─ Charging-Rule-Name: "default_internet_rule"
├─ QoS-Information: {...}
└─ Precedence: 1000
```

CCR-Termination (Solicitud de Control de Crédito - Terminación)

Cuándo: UE se desconecta o se elimina la conexión PDN

Propósito:

- Notificar al PCRF sobre la terminación de la sesión
- Registro final de contabilidad/cargos

Diferencias Clave con CCR-I:

- CC-Request-Type: TERMINATION_REQUEST (3)
- Puede incluir estadísticas de uso
- Conjunto de AVP simplificado

Ejemplo CCR-T:

```
CCR (Código de Comando: 272, Solicitud)
├─ Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456"
├─ Auth-Application-Id: 16777238
├─ Origin-Host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├─ Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├─ Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├─ CC-Request-Type: TERMINATION_REQUEST (3)
├─ CC-Request-Number: 1
└─ Termination-Cause: DIAMETER_LOGOUT (1)
```

CCA-Termination

Enviado por: PCRF en respuesta a CCR-T

Propósito:

- Reconocer la terminación de la sesión
- No se devuelven reglas de políticas

Ejemplo CCA-T:

```
CCA (Código de Comando: 272, Respuesta)
├─ Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456"
├─ Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
├─ Origin-Host: "pcrf.example.com"
└─ Origin-Realm: "example.com"
```

— Auth-Application-Id: 16777238
— CC-Request-Type: TERMINATION_REQUEST (3)
— CC-Request-Number: 1

Reglas de Políticas y Cargos

Estructura de la Regla PCC

Una **Regla PCC (Control de Políticas y Cargos)** define cómo manejar flujos de tráfico específicos:

Componentes de la Regla

1. Nombre de la Regla:

- Identificador único para la regla
- Ejemplo: "video_streaming_rule"

2. Precedencia:

- Número más bajo = mayor prioridad
- Rango: 0-65535
- Se utiliza cuando múltiples reglas coinciden

3. Filtros de Flujo (TFT - Plantilla de Flujo de Tráfico):

- Define qué paquetes coinciden con esta regla
- Ejemplos:
 - Tupla IP 5: Protocolo, IP Src/Dst, Puerto Src/Dst
 - "permit out ip from any to 8.8.8.8 80"

4. Información de QoS:

- **QCI (Identificador de Clase de QoS):** 1-9 (estandarizado), 128-254 (específico del operador)
 - QCI 1: Voz Conversacional
 - QCI 5: Señalización IMS
 - QCI 9: Internet por Defecto
- **ARP (Prioridad de Asignación y Retención):** Capacidad de preempción
- **MBR/GBR:** Tasas de Bits Máxima/Garantizada

5. Información de Cargos:

- **Grupo de Tarifas:** Identifica la categoría de cargos (utilizado por OCS - ver [Interfaz Diameter Gy](#))
- **Método de Medición:** Basado en volumen, tiempo o evento
- **Cobro en Línea/Fuera de Línea:** OCS (prepagado a través de [Diameter](#))

[Gy](#)) vs. CDRs fuera de línea (postpagado - ver [Formato de CDR de Datos](#))

6. Estatus de Gating:

- **ABIERTO:** Permitir tráfico
- **CERRADO:** Bloquear tráfico

Provisionamiento Dinámico de Reglas

PCRF puede proporcionar reglas de dos maneras:

1. Reglas Predefinidas (por nombre):

```
Charging-Rule-Install (Agrupado)
├─ Charging-Rule-Name: "gold_subscriber_internet"
└─ Charging-Rule-Name: "video_qos_boost"
```

2. Reglas Dinámicas (definición en línea):

```
Charging-Rule-Definition (Agrupado)
├─ Charging-Rule-Name: "dynamic_rule_123"
├─ Precedence: 100
├─ Flow-Information (Agrupado)
│   └─ Flow-Description: "permit out ip from any to 192.0.2.0/24"
│   └─ Flow-Direction: DOWNLINK
├─ QoS-Information (Agrupado)
│   └─ QoS-Class-Identifier: 5
│   └─ Max-Requested-Bandwidth-UL: 10000000
│   └─ Max-Requested-Bandwidth-DL: 50000000
└─ Rating-Group: 1000
```

AVP de Información de QoS

APN-AMBR (Tasa de Bits Máxima Agregada):

Se aplica a todos los portadores no-GBR para este APN:

```
QoS-Information (Agrupado)
├─ APN-Aggregate-Max-Bitrates-UL: 100000000 # 100 Mbps
└─ APN-Aggregate-Max-Bitrates-DL: 200000000 # 200 Mbps
```

Respuesta de PGW-C:

- Actualiza el estado interno de AMBR
 - Envía Solicitud de Modificación de Sesión a PGW-U con QER actualizados
-

Configuración

Configuración Básica de Gx

Edita config/runtime.exs:

```
config :pgw_c,
  diameter: %{
    # Dirección IP para escuchar conexiones Diameter
    listen_ip: "0.0.0.0",

    # Identidad Diameter de PGW-C (Origin-Host)
    host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",

    # Reino Diameter de PGW-C (Origin-Realm)
    realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",

    # Lista de pares PCRF
    peer_list: [
      %{
        # Identidad Diameter del PCRF
        host: "pcrf.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",

        # Reino del PCRF (generalmente el mismo que el reino de PGW-
C)
        realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",

        # Dirección IP del PCRF
        ip: "10.0.0.30",

        # Si PGW-C inicia la conexión al PCRF
        # true = PGW-C se conecta al PCRF
        # false = Esperar a que el PCRF se conecte
        initiate_connection: true
      }
    ]
  }
```

Múltiples Pares PCRF

Para redundancia o distribución geográfica:

```
config :pgw_c,
  diameter: %{
    listen_ip: "0.0.0.0",
    host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    peer_list: [
```



```

    %{
      host: "pcrf-primary.example.com",
      realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
      ip: "10.0.1.30",
      initiate_connection: true
    },
    %{
      host: "pcrf-backup.example.com",
      realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
      ip: "10.0.2.30",
      initiate_connection: true
    }
  ]
}

```

Balanceo de Carga:

- El protocolo Diameter maneja la selección de pares
- Solicitudes distribuidas según disponibilidad
- Failover automático en caso de fallo del par

Resolución de Nombres de Host

Las Identidades Diameter deben ser FQDNs (Nombres de Dominio Completamente Calificados):

```

# CORRECTO - formato FQDN
host: "pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"

# INCORRECTO - No es una Identidad Diameter válida
host: "pgw_c"
host: "10.0.0.20" # Direcciones IP no permitidas

```

Formato de Reino:

- Debe ser un nombre de dominio válido
- Generalmente coincide con el formato PLMN de 3GPP:
epc.mncXXX.mccYYY.3gppnetwork.org

Flujos de Mensajes

Establecimiento de Sesión Exitoso

Nota: Los parámetros de QoS del PCRF se traducen en QERs (Reglas de Aplicación de QoS) y se programan en PGW-U a través de PFCP. Ver [Interfaz PFCP](#) para detalles de QER.

Actualización de Políticas (Iniciada por la Red)

Terminación de Sesión

Manejo de Errores

Códigos de Resultado

PGW-C maneja varios códigos de resultado Diameter en mensajes CCA:

Códigos de Éxito:

Código	Nombre	Acción
2001	DIAMETER_SUCCESS	Continuar el establecimiento de la sesión

Fallos Permanentes (5xxx):

Código	Nombre	Acción de PGW-C
5002	DIAMETER_UNKNOWN_SESSION_ID	Registrar error, fallar sesión
5030	DIAMETER_USER_UNKNOWN	Rechazar sesión (Usuario Desconocido)
5140	DIAMETER_ERROR_INITIAL_PARAMETERS	Registrar error, reintentar o fallar
5003	DIAMETER_AUTHORIZATION_REJECTED	Rechazar sesión (No Autorizado)

Fallos Transitorios (4xxx):

Código	Nombre	Acción de PGW-C
4001	DIAMETER_AUTHENTICATION_REJECTED	Reintentar o fallar sesión
4010	DIAMETER_TOO_BUSY	Reintentar con retroceso
4012	DIAMETER_UNABLE_TO_COMPLY	Registrar error, puede reintentar

Códigos de Resultado Experimentales

Códigos de error específicos del vendedor:

Experimental-Result (Agrupado)

└ Vendor-Id: 10415 (3GPP)

└ Experimental-Result-Code: <código específico del vendedor>

Códigos Experimentales Comunes de 3GPP:

Código	Nombre	Significado
5065	IP_CAN_SESSION_NOT_AVAILABLE	PCRF no puede establecer sesión
5143	INVALID_SERVICE_INFORMATION	Datos del servicio inválidos

Manejo de Tiempo de Espera

Tiempo de Espera de CCR-I:

Si el PCRF no responde a CCR-Initial dentro del tiempo de espera:

1. PGW-C espera el tiempo de espera configurado (por ejemplo, 5 segundos)
2. Si no se recibe CCA:
 - Registrar: "Tiempo de espera de CCR-Initial para Session-ID: ..."
 - Responder a SGW-C con causa de error
 - Limpiar recursos asignados
3. SGW-C recibe: Create Session Response (Causa: Par Remoto No Responde)

Respuesta de Error a SGW-C:

Archivo: /lib/session/impl/message_handlers.ex

```
{:error, :credit_control_initial_request_timeout} ->
  Procedures.do_gtp_c_error_response(
    from,
    :create_session_response,
    seq_num,
    :remote_peer_not_responding
  )
```

Escenarios de Fallo

Escenario 1: PCRF Rechaza la Sesión (Usuario Desconocido)

Escenario 2: PCRF Temporalmente No Disponible

Resolución de Problemas

Problemas Comunes

1. Falla en la Conexión del Par Diameter

Síntomas:

- Registro: "Par Diameter no conectado"
- No se envió CCR-Initial

Causas Posibles:

- PCRF no accesible
- IP del PCRF incorrecta en la configuración
- Cortafuegos bloqueando el puerto Diameter (3868)
- Identidades Diameter incorrectas (host/reino)

Resolución:

```
# Probar conectividad de red
ping <pcrf_ip>

# Probar puerto Diameter (TCP 3868)
telnet <pcrf_ip> 3868

# Verificar configuración de identidad Diameter
# Asegurarse de que host y realm sean FQDNs, no IPs
```

Verificar Configuración:

```
config :pgw_c,
  diameter: %{
    # Debe ser FQDN, no IP
    host: "pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    peer_list: [
      %{
        host: "pcrf.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        ip: "10.0.0.30"
      }
    ]
  }
}
```

2. Tiempos de Espera de CCR-Initial

Síntomas:

- Falla en la Solicitud de Crear Sesión
- Registro: "Tiempo de espera de CCR-Initial"

Causas Posibles:

- PCRF sobrecargado
- Latencia de red
- PCRF no responde a este Session-ID

Resolución:

1. Verificar registros del PCRF para errores
2. Verificar que el PCRF esté procesando solicitudes
3. Verificar latencia de red: ping <pcrf_ip>
4. Aumentar el tiempo de espera si la latencia de red es alta

3. Sesiones Rechazadas por el PCRF

Síntomas:

- CCA-Initial con Result-Code != 2001
- Falla en la Respuesta de Crear Sesión

Códigos de Resultado Comunes:

Código de Resultado	Causa Probable	Resolución
5030	IMSI no en la base de datos de suscriptores	Provisionar suscriptor en HSS/SPR
5003	Autorización rechazada	Verificar permisos del suscriptor
4010	PCRF demasiado ocupado	Reintentar o agregar capacidad al PCRF

Verificar Registros:

```
# Los registros de PGW-C muestran:  
[error] Error Diameter Gx: Result-Code 5030 (DIAMETER_USER_UNKNOWN)  
[error] IMSI 310260999999999 rechazado por PCRF
```

4. QoS No Aplicada

Síntomas:

- Sesión establecida pero QoS incorrecta
- Tasas de bits no coinciden con los valores esperados

Pasos de Depuración:

1. Verificar CCA-Initial:

- Verificar que AVP QoS-Information esté presente
- Comprobar valores de APN-Aggregate-Max-Bitrates-UL/DL

2. Verificar Establecimiento de Sesión PFCP:

- Verificar que QER se creó con los valores de MBR correctos

- Comprobar registros de PGW-U para la instalación de QER

3. Verificar Política del PCRF:

- Comprobar configuración del PCRF
- Verificar que el perfil del suscriptor incluya la QoS correcta

5. Problemas de Enrutamiento Diameter

Síntomas:

- Mensajes Diameter no llegan al PCRF
- Registro: "No hay ruta al Destination-Realm"

Causa:

- Desajuste de reino entre configuración y mensajes

Resolución:

Asegurar consistencia:

```
# Todos deben coincidir
config :pgw_c,
  diameter: %{
    realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org", # Reino de PGW-C
    peer_list: [
      %{
        realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org" # Reino del PCRF
        (generalmente el mismo)
      }
    ]
  }
}
```

En CCR-Initial:

```
Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
```

Monitoreo de la Salud de Gx

Métricas Clave:

```
# Tasas de mensajes Gx
rate(gx_inbound_messages_total{message_type="cca"}[5m])

# Tasas de errores Gx
rate(gx_inbound_errors_total[5m])
```

```
# Conteo de sesiones Gx
session_id_registry_count

# Duración del manejo de mensajes Gx
histogram_quantile(0.95,
rate(gx_inbound_handling_duration_bucket[5m]))
```

Ejemplos de Alertas:

```
# Alerta sobre alta tasa de errores Gx
- alert: GxErrorRateHigh
  expr: rate(gx_inbound_errors_total[5m]) > 0.1
  for: 5m
  annotations:
    summary: "Se detectó alta tasa de errores Gx"

# Alerta sobre tiempo de espera Gx
- alert: GxTimeout
  expr: rate(gx_inbound_errors_total{error_type="timeout"}[5m]) >
0.05
  for: 2m
  annotations:
    summary: "Ocurriendo tiempos de espera Gx"

# Alerta sobre rechazo de sesión
- alert: GxSessionRejection
  expr: rate(gx_inbound_errors_total{result_code="5030"}[5m]) > 0.01
  for: 5m
  annotations:
    summary: "PCRF rechazando sesiones (USER_UNKNOWN)"
```

Registro de Depuración

Habilitar registro verbose de Diameter:

```
# config/runtime.exs
config :logger, level: :debug

# 0 en tiempo de ejecución
iex> Logger.configure(level: :debug)
```

Buscar:

- [debug] Enviando CCR-Initial para Session-ID: ...
 - [debug] Recibido CCA-Initial: Result-Code 2001
 - [error] Error Diameter: ...
-

Interfaz Web - Monitoreo de Pares Diameter

OmniPGW incluye una interfaz web en tiempo real para monitorear conexiones y estado de pares Diameter.

Página de Pares Diameter

Acceso: `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/diameter`

Propósito: Monitorear la conectividad de pares Diameter Gx al PCRF en tiempo real

Características:

1. Resumen de Conexiones de Pares

- **Conteo Conectado** - Número de pares PCRF con conexión activa
- **Conteo Desconectado** - Número de pares configurados pero no conectados
- Se actualiza automáticamente cada 1 segundo (la actualización más rápida de todas las páginas)

2. Información de Estado por Par Para cada par PCRF configurado:

- **Host** - Identidad Diameter (Origin-Host)
- **Dirección IP** - IP del PCRF
- **Puerto** - Puerto Diameter (por defecto 3868)
- **Estado** - Conectado (verde) / Desconectado (rojo)
- **Transporte** - TCP o SCTP
- **Iniciación de Conexión** - Quién inicia (PGW o PCRF)
- **Reino** - Reino Diameter
- **Nombre del Producto** - Identificador del producto PCRF (si se anuncia)
- **IDs de Aplicación** - Aplicaciones Diameter soportadas (por ejemplo, Gx = 16777238)

3. Detalles Expandibles Haz clic en cualquier fila de par para ver:

- Configuración completa del par
- Detalles de Intercambio de Capacidades (CER/CEA)
- Características soportadas
- Estado completo de la conexión

Casos de Uso Operativos

Monitorear Conectividad del PCRF:

1. Abrir página Diameter en el navegador
2. Verificar que todos los pares PCRF muestren "Conectado"

3. Comprobar que la Iniciación de Conexión coincida con la configuración
4. Verificar que los IDs de Aplicación incluyan Gx (16777238)

Resolver Fallos en la Creación de Sesiones (Problemas Gx):

1. Sesiones de usuario fallando con errores "tiempo de espera PCRF"
2. Abrir página Diameter
3. Comprobar estado del par:
 - ¿Desconectado?
 - Verificar conectividad de red
 - Verificar que el PCRF esté en funcionamiento
 - Comprobar reglas del cortafuegos para TCP 3868
 - ¿Conectado pero sesiones fallando?
 - El problema está a nivel de aplicación (comprobar registros)
 - El PCRF puede estar rechazando suscriptores

Verificar Configuración Diameter:

1. Después de configurar un nuevo par PCRF
2. Abrir página Diameter
3. Verificar que el par aparezca en la lista
4. Comprobar que el estado cambie a "Conectado"
5. Expandir el par para verificar:
 - El reino coincide con la configuración
 - Los IDs de Aplicación incluyen Gx
 - El Nombre del Producto muestra el identificador del PCRF

Monitorear Failover:

Escenario: El PCRF primario falla

1. La página Diameter muestra "Desconectado" para el primario
2. Verificar que el PCRF de respaldo siga "Conectado"
3. Nuevas sesiones utilizan automáticamente el respaldo
4. Cuando el primario se recupera, el estado vuelve a "Conectado"

Detectar Problemas de Enrutamiento Diameter:

- El par muestra "Conectado" pero el reino es incorrecto
- Los IDs de Aplicación no incluyen Gx (16777238)
- El Nombre del Producto no coincide con el esperado del PCRF

Identificar Desajustes de Configuración:

La interfaz web muestra:

Iniciación de Conexión: "El par inicia"

Pero la configuración dice:

initiate_connection: true

Esto indica:

- OmniPGW intenta conectarse
- Pero el PCRF también está iniciando
- Puede causar condiciones de carrera en la conexión

Ventajas:

- **Tasa de actualización más rápida** - Actualizaciones cada 1 segundo
- **Estado de conexión visual** - Indicación inmediata en rojo/verde
- **No se necesitan herramientas Diameter** - No es necesario utilizar herramientas CLI de diameter
- **Configuración del par visible** - Verificar configuraciones sin revisar archivos de configuración
- **Detalles a nivel de aplicación** - Ver aplicaciones Diameter soportadas
- **Verificación de reino** - Confirmar configuración de enrutamiento Diameter

Integración con Métricas

Mientras que la interfaz web proporciona estado en tiempo real, combina con Prometheus para:

- Tasas históricas de errores Gx
- Conteos de mensajes CCR/CCA
- Tendencias de latencia

Interfaz web = "¿Está funcionando bien ahora?" Métricas = "¿Cómo ha estado funcionando a lo largo del tiempo?"

Documentación Relacionada

Configuración y Política

- [Guía de Configuración](#) - Configuración de Diameter, configuración de pares PCRF
- [Interfaz PFCP](#) - Aplicación de QoS a través de QERs de reglas PCC
- [Gestión de Sesiones](#) - Ciclo de vida de la sesión con integración de políticas
- [Gestión de QoS y Portadores](#) - Configuración detallada de QoS y configuración de portadores

Integración de Cargos

- [Interfaz Diameter Gy](#) - Cobro en línea desencadenado por reglas PCC
- [Formato de CDR de Datos](#) - Registros de cargos fuera de línea con información de políticas

- [**Configuración PCO**](#) - Entrega de P-CSCF para control de políticas IMS

Operaciones

- [**Guía de Monitoreo**](#) - Métricas Gx, seguimiento de políticas, alertas de conectividad PCRF
- [**Interfaz S5/S8**](#) - Integración de gestión de portadores con políticas

[**Volver a la Guía de Operaciones**](#)



Carga en Línea de Diámetro (Interfaz Gy/Ro)

Interfaz del Sistema de Carga en Línea (OCS)

Tabla de Contenidos

- [1. Descripción General](#)
- [2. Arquitectura de Carga 3GPP](#)
- [3. Fundamentos de la Interfaz Gy/Ro](#)
- [4. Mensajes de Control de Crédito](#)
- [5. Flujos de Carga en Línea](#)
- [6. Control de Carga de Portadora](#)
- [7. Control de Crédito de Múltiples Servicios](#)
- [8. Configuración](#)
- [9. Flujos de Mensajes](#)
- [10. Manejo de Errores](#)
- [11. Integración con Gx](#)
- [12. Solución de Problemas](#)

Descripción General

La **interfaz Gy** (también llamada **interfaz Ro** en contextos IMS) conecta PGW-C al **Sistema de Carga en Línea (OCS)** para el control de crédito en tiempo real. Esto permite:

- **Carga Prepagada** - Autorización y deducción de crédito en tiempo real
- **Control de Crédito en Tiempo Real** - Conceder cuota antes de la entrega del servicio
- **Carga Basada en Servicios** - Diferente carga para voz, datos, SMS, etc.
- **Actualizaciones Inmediatas de Cuenta** - Actualizaciones de saldo de crédito en tiempo real
- **Negación de Servicio** - Bloquear el servicio cuando el crédito se agota

Carga en Línea vs. Carga Fuera de Línea

Aspecto	Carga en Línea (Gy/Ro)	Carga Fuera de Línea (Gz/Rf)
Tiempo	En tiempo real, antes del servicio	Después de la entrega del servicio
Caso de Uso	Suscriptores prepagados	Suscriptores postpagados
Verificación de Crédito	Si, antes de conceder el servicio	No, la factura se genera más tarde
Sistema	OCS (Sistema de Carga en Línea)	CGF/CDF (Función de Datos de Carga)
Riesgo	Sin pérdida de ingresos	Riesgo de facturas impagas
Complejidad	Alta (requisitos en tiempo real)	Menor (procesamiento por lotes)
Impacto en el Usuario	Servicio negado si no hay crédito	Servicio siempre disponible

Véase también: [Formato de CDR de Datos](#) para registros de carga fuera de línea (facturación postpagada)

Véase también: [Gestión de Sesiones](#) para el ciclo de vida completo de la sesión PDN, incluida la integración de carga

Gy en la Arquitectura de Red

Funciones Clave

Función	Descripción
Autorización de Crédito	Solicitar cuota al OCS antes de permitir el tráfico
Gestión de Cuota	Rastrear unidades concedidas (bytes, tiempo, eventos)
Detección de Agotamiento de Crédito	Monitorear cuota restante
Re-autorización	Solicitar cuota adicional cuando se alcanza el umbral
Terminación de Servicio	Detener el servicio cuando se agota el crédito
Liquidación Final	Reportar uso real al final de la sesión

Arquitectura de Carga 3GPP

Puntos de Referencia de Carga

Función de Disparador de Carga (CTF)

PGW-C actúa como un **CTF (Función de Disparador de Carga)**, responsable de:

1. **Detectar eventos facturables** - Inicio de sesión, uso de datos, fin de sesión
2. **Solicitar autorización de crédito** - Antes de permitir el servicio
3. **Rastrear el consumo de cuota** - Monitorear unidades concedidas
4. **Generar eventos de carga** - Disparar solicitudes de crédito
5. **Hacer cumplir el control de crédito** - Bloquear tráfico cuando se agota la cuota

Función de Carga en Línea (OCF)

El OCS implementa la **OCF (Función de Carga en Línea)**:

1. **Gestión del saldo de cuenta** - Rastrear el crédito del suscriptor
2. **Tarifación** - Determinar el precio por unidad (por MB, por segundo, etc.)
3. **Reserva de crédito** - Reservar crédito para la cuota concedida
4. **Deducción de crédito** - Deducir al informar el uso
5. **Decisiones de política** - Conceder o denegar según el saldo

Fundamentos de la Interfaz Gy/Ro

Referencia 3GPP

- **Especificación:** 3GPP TS 32.299 (Arquitectura de carga)
- **Protocolo:** 3GPP TS 32.251 (Carga del dominio PS)
- **ID de Aplicación de Diámetro:** 4 (Gy/Ro - Aplicación de Control de Crédito)
- **Protocolo Base:** RFC 4006 (Aplicación de Control de Crédito de Diámetro)

Concepto de Sesión

Cada conexión PDN de UE que requiere carga en línea tiene una **sesión Gy/Ro** identificada por un **Session-ID**. Esta sesión:

- Se crea cuando la portadora requiere carga en línea (CCR-Initial)
- Se actualiza cuando se consume la cuota (CCR-Update)
- Se termina cuando finaliza la sesión (CCR-Termination)

Formato de ID de Sesión

Session-ID: <Origin-Host>;<high32>;<low32>;[<optional>]
Ejemplo: omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org;9876543210;12345;gy

Componentes:

- **Origin-Host:** Identidad de Diámetro de PGW-C
- **high32:** Altos 32 bits del identificador único
- **low32:** Bajos 32 bits del identificador único
- **optional:** Identificador adicional (por ejemplo, "gy" para distinguir de Gx)

Mensajes de Control de Crédito

Tipos de Mensajes

CCR-Initial (Solicitud de Control de Crédito - Inicial)

Cuándo: UE crea una conexión PDN y la portadora requiere carga en línea

Propósito:

- Solicitar autorización de crédito inicial al OCS
- Reservar cuota para la entrega del servicio
- Establecer sesión Gy/Ro

AVPs Clave Enviados por PGW-C:

Nombre de AVP	Código de AVP	Tipo	Descripción
Session-Id	263	UTF8String	Identificador único de sesión Gy
Auth-Application-Id	258	Unsigned32	4 (Control de Crédito)
Origin-Host	264	DiamIdent	Identidad de Diámetro de PGW-C
Origin-Realm	296	DiamIdent	Reino de Diámetro de PGW-C
Destination-Realm	283	DiamIdent	Reino del OCS
CC-Request-Type	416	Enumerated1	= INITIAL_REQUEST
CC-Request-Number	415	Unsigned32	Número de secuencia (comienza en 0)
Subscription-Id	443	Grouped	Identificador de UE (IMSI/MSISDN)
Service-Context-Id	461	UTF8String	Identificador del contexto de carga
Multiple-Services-Credit-Control	456	Grouped	Solicitudes de crédito específicas del servicio
Requested-Service-Unit	437	Grouped	Cuota solicitada (bytes, tiempo, etc.)
Used-Service-Unit	446	Grouped	Cuota utilizada (0 para inicial)
Service-Identifier	439	Unsigned32	Identificador del tipo de servicio
Rating-Group	432	Unsigned32	Identificador de categoría de carga

Ejemplo de Estructura CCR-I:

```
CCR (Código de Comando: 272, Solicitud)
├── Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456;gy"
├── Auth-Application-Id: 4
├── Origin-Host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── CC-Request-Type: INITIAL_REQUEST (1)
├── CC-Request-Number: 0
├── Subscription-Id (Agrupado)
│   ├── Subscription-Id-Type: END_USER_IMSI (1)
│   └── Subscription-Id-Data: "310260123456789"
├── Subscription-Id (Agrupado)
│   ├── Subscription-Id-Type: END_USER_E164 (0)
│   └── Subscription-Id-Data: "15551234567"
├── Service-Context-Id: "3225103gpp.org"
├── Multiple-Services-Credit-Control (Agrupado)
│   ├── Service-Identifier: 1
│   ├── Rating-Group: 100
│   └── Requested-Service-Unit (Agrupado)
│       └── CC-Total-Octets: 10000000 (solicitar 10 MB)
├── Used-Service-Unit (Agrupado)
│   └── CC-Total-Octets: 0 (sin uso aún)
```

CCA-Initial (Respuesta de Control de Crédito - Inicial)

Enviado por: OCS en respuesta a CCR-I

Propósito:

- Conceder o denegar la autorización de crédito
- Proporcionar cuota para la entrega del servicio
- Especificar parámetros de tarificación y carga

AVPs Clave Recibidos por PGW-C:

Nombre de AVP	Código de AVP	Descripción
Result-Code	268	Éxito (2001) o código de error
Multiple-Services-Credit-Control	456	Concesiones de crédito específicas del servicio
Granted-Service-Unit	431	Cuota concedida (bytes, tiempo, etc.)
Validity-Time	448	Período de validez de la cuota (segundos)
Result-Code	268	Código de resultado por servicio
Final-Unit-Indication	430	Acción cuando se agota la cuota
Volume-Quota-Threshold	-	Umbral para re-autorización

Ejemplo de Respuesta Exitosa:

```
CCA (Código de Comando: 272, Respuesta)
├── Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456;gy"
├── Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
├── Origin-Host: "ocs.example.com"
├── Origin-Realm: "example.com"
├── Auth-Application-Id: 4
├── CC-Request-Type: INITIAL_REQUEST (1)
├── CC-Request-Number: 0
├── Multiple-Services-Credit-Control (Agrupado)
│   ├── Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
│   ├── Service-Identifier: 1
│   ├── Rating-Group: 100
│   └── Granted-Service-Unit (Agrupado)
│       ├── CC-Total-Octets: 10000000 (concedido 10 MB)
│       └── Validity-Time: 3600 (cuota válida por 1 hora)
├── Volume-Quota-Threshold: 8000000 (re-autorización a 8 MB utilizados, 80%)
```

CCR-Update (Solicitud de Control de Crédito - Actualización)

Cuándo:

- Se alcanza el umbral de cuota concedida (por ejemplo, 80% consumido)
- Expira el tiempo de validez
- Cambio de servicio requiere re-autorización
- Cambio de tiempo de tarifa

Propósito:

- Solicitar cuota adicional
- Reportar uso de la cuota previamente concedida
- Actualizar parámetros de carga

Diferencias Clave respecto a CCR-I:

- CC-Request-Type: UPDATE_REQUEST (2)
- CC-Request-Number incrementado
- Used-Service-Unit contiene el uso real
- Requested-Service-Unit para más cuota

Ejemplo de Estructura CCR-U:

```
CCR (Código de Comando: 272, Solicitud)
├── Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456;gy"
├── Auth-Application-Id: 4
├── Origin-Host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
├── CC-Request-Type: UPDATE_REQUEST (2)
├── CC-Request-Number: 1
├── Multiple-Services-Credit-Control (Agrupado)
│   ├── Service-Identifier: 1
│   ├── Rating-Group: 100
│   └── Used-Service-Unit (Agrupado)
│       ├── CC-Total-Octets: 80000000 (8 MB utilizados hasta ahora)
│       └── Requested-Service-Unit (Agrupado)
│           └── CC-Total-Octets: 10000000 (solicitar otros 10 MB)
```

CCA-Update (Respuesta de Control de Crédito - Actualización)

Enviado por: OCS en respuesta a CCR-U

Propósito:

- Conceder cuota adicional (si hay crédito disponible)
- Reconocer uso
- Actualizar parámetros de carga

Resultados Posibles:

1. Más Cuota Concedida:

```
CCA (Actualización)
└─ Multiple-Services-Credit-Control
   └─ Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
      └─ Granted-Service-Unit
         └─ CC-Total-Octets: 10000000 (otros 10 MB)
            └─ Validity-Time: 3600
```

2. Cuota Final (Crédito Agotado):

```
CCA (Actualización)
└─ Multiple-Services-Credit-Control
   └─ Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
      └─ Granted-Service-Unit
         └─ CC-Total-Octets: 1000000 (solo 1 MB restante)
            └─ Final-Unit-Indication
               └─ Final-Unit-Action: TERMINATE (0)
```

3. Sin Crédito Disponible:

```
CCA (Actualización)
└─ Result-Code: DIAMETER_CREDIT_LIMIT_REACHED (4012)
   └─ Multiple-Services-Credit-Control
      └─ Result-Code: DIAMETER_CREDIT_LIMIT_REACHED (4012)
         └─ Final-Unit-Indication
            └─ Final-Unit-Action: TERMINATE (0)
```

CCR-Termination (Solicitud de Control de Crédito - Terminación)

Cuándo:

- UE se desconecta
- Conexión PDN eliminada
- Sesión terminada por cualquier motivo

Propósito:

- Informe final de uso
- Cerrar sesión Gy/Ro
- Liquidación final

Diferencias Clave:

- CC-Request-Type: TERMINATION_REQUEST (3)
- Used-Service-Unit contiene el uso final
- No hay Requested-Service-Unit (no se necesita más cuota)
- Incluye Termination-Cause

Ejemplo de Estructura CCR-T:

```
CCR (Código de Comando: 272, Solicitud)
└─ Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456;gy"
   └─ Auth-Application-Id: 4
      └─ Origin-Host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
         └─ Origin-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
            └─ Destination-Realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org"
               └─ CC-Request-Type: TERMINATION_REQUEST (3)
                  └─ CC-Request-Number: 5
                     └─ Termination-Cause: DIAMETER_LOGOUT (1)
                        └─ Multiple-Services-Credit-Control (Agrupado)
                           └─ Service-Identifier: 1
                              └─ Rating-Group: 100
                                 └─ Used-Service-Unit (Agrupado)
                                    └─ CC-Total-Octets: 18500000 (18.5 MB de uso total)
```

CCA-Termination (Respuesta de Control de Crédito - Terminación)

Enviado por: OCS en respuesta a CCR-T

Propósito:

- Reconocer la terminación de la sesión
- Completar la contabilidad
- Liberar crédito reservado

Ejemplo CCA-T:

```
CCA (Código de Comando: 272, Respuesta)
└─ Session-Id: "pgw_c.example.com;123;456;gy"
   └─ Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
      └─ Origin-Host: "ocs.example.com"
         └─ Origin-Realm: "example.com"
            └─ Auth-Application-Id: 4
               └─ CC-Request-Type: TERMINATION_REQUEST (3)
                  └─ CC-Request-Number: 5
```

Flujos de Carga en Línea

Tipos de Unidades de Servicio

El OCS puede conceder cuota en diferentes unidades:

Tipo de Unidad	AVP	Descripción	Caso de Uso
Tiempo	CC-Time	Segundos	Llamadas de voz, duración de sesión
Volumen	CC-Total-Octets	Bytes (total sub+down)	Servicios de datos
Volumen (separado)	CC-Input-Octets, CC-Output-Octets	Bytes (separados)	Carga asimétrica
Específico del Servicio	CC-Service-Specific-Units	Unidades personalizadas	SMS, MMS, llamadas API
Eventos	-	Eventos contados	Servicios de pago por uso

Gestión del Umbral de Cuota

Problema: ¿Cómo sabe PGW-C cuándo solicitar más cuota?

Solución: OCS proporciona un **Volume-Quota-Threshold** o **Time-Quota-Threshold**. PGW-C monitorea el uso a través de informes de sesión PFPCP de PGW-U (ver [Interfaz PFCP](#)).

Ejemplo de Flujo:

1. OCS concede 10 MB de cuota con umbral del 80% (8 MB)
2. PGW-C monitorea el uso a través de informes de uso de PGW-U (Informes de Sesión PFPCP)
3. Cuando el uso alcanza 8 MB:
 - PGW-C envía CCR-Update
 - Continuar permitiendo tráfico (no esperar respuesta)
4. OCS responde con más cuota
5. Si la cuota se agota antes de que se envíe CCR-Update:
 - PGW-C debe bloquear el tráfico

Cálculo del Umbral:

Granted-Service-Unit: 10000000 bytes (10 MB)
Volume-Quota-Threshold: 8000000 bytes (8 MB)

Cuando se consumen 8 MB → Disparar CCR-Update
Buffer restante: 2 MB (permite tiempo para la respuesta de OCS)

Monitoreo de PGW-C:

PGW-C monitorea el uso a través de **Informes de Sesión PFCP** de PGW-U:

Indicación de Unidad Final

¿Qué sucede cuando se agota el crédito?

OCS incluye el AVP **Final-Unit-Indication** en CCA para especificar la acción:

Acción Final de Unidad	Valor	Comportamiento de PGW-C
TERMINAR	0	Bloquear todo el tráfico, iniciar la terminación de sesión
REDIRIGIR	1	Redirigir tráfico a portal (por ejemplo, página de recarga)
RESTRINGIR_ACCESO	2	Permitir acceso solo a servicios específicos (por ejemplo, servidor de recarga)

Ejemplo: Unidad Final con Redirección

```
CCA (Actualización)
├── Multiple-Services-Credit-Control
│   ├── Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)
│   ├── Granted-Service-Unit
│   │   └── CC-Total-Octets: 1000000 (último 1 MB)
│   └── Final-Unit-Indication
│       ├── Final-Unit-Action: REDIRECT (1)
│       ├── Redirect-Server (Agrupado)
│       │   ├── Redirect-Address-Type: URL (2)
│       │   └── Redirect-Server-Address: "http://topup.example.com"
```

Acciones de PGW-C:

1. **TERMINAR:** Enviar CCR-T, eliminar portadora
2. **REDIRIGIR:** Instalar regla PFPCP para redirigir HTTP a la URL de recarga
3. **RESTRINGIR_ACCESO:** Instalar reglas PFPCP que permitan solo IPs en la lista blanca

Control de Carga de Portadora

¿Qué Controla si se Carga una Portadora?

Especificación 3GPP: TS 23.203, TS 29.212, TS 32.251

La carga de portadora se controla mediante **Reglas PCC** provisionadas por el PCRF a través de la interfaz Gx. Ver [Interfaz Diámetro Gx](#) para la documentación completa de reglas PCC.

Flujo de Decisión de Carga:

Regla PCC con Información de Carga

Respuesta PCRF (CCA-I en Gx):

```
CCA (Interfaz Gx)
├── Charging-Rule-Definition (Agrupado)
│   ├── Charging-Rule-Name: "prepaid_data_rule"
│   ├── Rating-Group: 100
│   ├── Online: 1 (habilitar carga en línea)
│   ├── Offline: 0 (deshabilitar carga fuera de línea)
│   ├── Metering-Method: VOLUME (1)
│   ├── Precedence: 100
│   ├── Flow-Information: [...]
│   └── QoS-Information: [...]
```

AVPs Clave de Carga en Reglas PCC:

Nombre de AVP	Código de AVP	Valores	Descripción
Rating-Group	432	Unsigned32	Categoría de carga (se asigna a tarifa en OCS)
Online	1009	0=Deshabilitar, 1=Habilitar	Habilitar carga en línea (Gy)
Offline	1008	0=Deshabilitar, 1=Habilitar	Habilitar carga fuera de línea (Gz)
Metering-Method	1007	0=Duración, 1=Volumen, 2=Ambos	Qué medir
Reporting-Level	1011	0=Servicio, 1=Grupo de Tarificación	Granularidad de informes de uso

Matriz de Decisión de Carga de Portadora

En Línea	Fuera de Línea	Rating-Group	Comportamiento
1	0	Presente	Carga en línea solamente (prepago)
0	1	Presente	Carga fuera de línea solamente (postpago)
1	1	Presente	Carga tanto en línea como fuera de línea (convergente)
0	0	-	Sin carga (servicio gratuito)

Múltiples Grupos de Tarificación

Una sola conexión PDN puede tener **múltiples portadoras con diferentes grupos de tarificación**:

Ejemplo de Escenario:

```
Portadora por Defecto (Internet)
├── Rating-Group: 100 (Datos Estándar)
└── Online: 1

Portadora Dedicada 1 (Streaming de Video)
├── Rating-Group: 200 (Servicio de Video)
└── Online: 1

Portadora Dedicada 2 (Voz IMS)
├── Rating-Group: 300 (Voz)
└── Online: 1
```

Comportamiento de PGW-C Gy:

- **Un solo CCR-I** con múltiples secciones MSCC (Control de Crédito de Múltiples Servicios):

```
CCR-Initial
├── Session-Id: "..."
```

Respuesta de OCS:

```
CCA-Initial
├── Multiple-Services-Credit-Control
│   ├── [Rating-Group: 100] → Concedido: 10 MB
│   ├── [Rating-Group: 200] → Concedido: 5 MB (video más caro)
│   └── [Rating-Group: 300] → Concedido: 60 segundos
```

Aplicación de Carga por Servicio

PGW-C rastrea la cuota por Grupo de Tarificación:

```
# Pseudocódigo
state.charging-quotas = %{
  100 => %{granted: 10_000_000, used: 0, threshold: 8_000_000},
  200 => %{granted: 5_000_000, used: 0, threshold: 4_000_000},
  300 => %{granted: 60_000, used: 0, threshold: 48_000} # milisegundos
}
```

Monitoreo de Uso por Portadora:

Control de Crédito de Múltiples Servicios

AVP MSCC (Control de Crédito de Múltiples Servicios)

Propósito: Agrupar información de carga para un servicio/grupo de tarificación específico

Estructura:

```
Multiple-Services-Credit-Control (Agrupado, AVP 456)
├── Service-Identifier (Unsigned32, AVP 439)
├── Rating-Group (Unsigned32, AVP 432)
├── Requested-Service-Unit (Agrupado, AVP 437)
│   ├── CC-Time (Unsigned32, AVP 420)
│   ├── CC-Total-Octets (Unsigned64, AVP 421)
│   ├── CC-Input-Octets (Unsigned64, AVP 412)
│   └── CC-Output-Octets (Unsigned64, AVP 414)
```

- └─ Used-Service-Unit (Agrupado, AVP 446)
 - └─ [Misma estructura que Requested-Service-Unit]
- └─ Granted-Service-Unit (Agrupado, AVP 431)
 - └─ [Misma estructura que Requested-Service-Unit]
- └─ Validity-Time (Unsigned32, AVP 448)
- └─ Result-Code (Unsigned32, AVP 268)
- └─ Final-Unit-Indication (Agrupado, AVP 430)
 - └─ Final-Unit-Action (Enumerated, AVP 449)

Service-Identifier vs. Rating-Group

Atributo	Service-Identifier	Rating-Group
Propósito	Identifica el tipo de servicio	Identifica la categoría de carga
Ejemplo	1=Datos, 2=Voz, 3=SMS	100=Regular, 200=Premium
Granularidad	Clasificación amplia	Tarifa específica
Requerido	Opcional	Requerido para carga
Mapeo	Puede mapear a múltiples RGs	Una sola tarifa en OCS

Ejemplo:

Service-Identifier: 1 (Servicio de Datos)
└─ Rating-Group: 100 (Datos Estándar - \$.01/MB)
└─ Rating-Group: 200 (Datos Premium - \$.05/MB)

Service-Identifier: 2 (Voz)
└─ Rating-Group: 300 (Llamadas de Voz - \$.10/min)

Configuración

Configuración Básica de Gy

Edita config/runtime.exs:

```
config :pgw_c,
  online_charging: %{
    # Habilitar o deshabilitar la carga en línea globalmente
    enabled: true,

    # Tiempo de espera de conexión al OCS (milisegundos)
    timeout_ms: 5000,

    # Cuota solicitada por defecto (bytes) si no se especifica por PCRF
    default_requested_quota: 10_000_000, # 10 MB

    # Porcentaje de umbral para re-autorización
    # (0.8 = disparar CCR-Update al 80% de cuota consumida)
    quota_threshold_percentage: 0.8,

    # Acción cuando ocurre un tiempo de espera en OCS
    # Opciones: :block, :allow
    timeout_action: :block,

    # Acción cuando OCS no devuelve crédito
    # Opciones: :terminate, :redirect
    no_credit_action: :terminate,

    # URL de redirección para recarga (usada si no_credit_action: :redirect)
    topup_redirect_url: "http://topup.example.com"
  },
  diameter: %{
    listen_ip: "0.0.0.0",
    host: "omni-pgw_c.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
    realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",

    # Configuración del par OCS
    peer_list: [
      # PCRF para control de política (Gx)
      %{
        host: "pcrf.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        ip: "10.0.0.30",
        initiate_connection: true
      },
      # OCS para carga en línea (Gy)
      %{
        host: "ocs.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        realm: "epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org",
        ip: "10.0.0.40",
        initiate_connection: true
      }
    ]
  }
}
```

Parámetros de Configuración Explicados

enabled

- true: Carga en línea activa, mensajes CCR enviados al OCS
- false: Carga en línea deshabilitada, no hay mensajes Gy

timeout_ms

- Tiempo de espera para la respuesta CCA del OCS
- Recomendado: 3000-5000 ms

default_requested_quota

- Cuota por defecto a solicitar si PCRF no especifica
- Valores típicos: 1-100 MB

quota_threshold_percentage

- Disparar CCR-Update cuando se consuma este % de cuota
- Recomendado: 0.75-0.85 (75%-85%)
- Más alto = menos mensajes, pero riesgo de agotamiento de cuota
- Más bajo = más mensajes, pero más seguro

timeout_action

- :block - Bloquear tráfico si OCS no responde (más seguro, previene pérdida de ingresos)
- :allow - Permitir tráfico si OCS no responde (mejor experiencia de usuario, riesgo de ingresos)

no_credit_action

- :terminate - Eliminar portadora cuando se agota el crédito
- :redirect - Redirigir a portal de recarga

Configuración Específica del Entorno

Producción (suscriptores prepagados):

```
config :pgw_c,
  online_charging: %{
    enabled: true,
    timeout_action: :block,
    no_credit_action: :terminate,
    quota_threshold_percentage: 0.8
  }
```

Prueba/Desarrollo:

```
config :pgw_c,
  online_charging: %{
    enabled: false # Deshabilitar para pruebas
  }
```


Híbrido (algunos prepagados, algunos postpagados):

```
config :pgw_c,
  online_charging: %{
    enabled: true, # Controlado por suscriptor por PCRF
    timeout_action: :allow, # No bloquear postpagado en fallo de OCS
    no_credit_action: :terminate
  }
}
```

Flujos de Mensajes

Sesión Exitosa con Carga en Línea

Re-autorización de Cuota (CCR-Update)

Agotamiento de Crédito (Unidad Final)

Manejo de Tiempo de Espera de OCS

Manejo de Errores

Códigos de Resultado

Códigos de Éxito:

Código	Nombre	Acción
2001	DIAMETER_SUCCESS	Continuar con la cuota concedida

Fallos Transitorios (4xxx):

Código	Nombre	Acción de PGW-C
4010	DIAMETER_TOO_BUSY	Reintentar con retroceso
4011	DIAMETER_UNABLE_TO_COMPLY	Registrar error, puede reintentar
4012	DIAMETER_CREDIT_LIMIT_REACHED	Terminar o redirigir

Fallos Permanentes (5xxx):

Código	Nombre	Acción de PGW-C
5003	DIAMETER_AUTHORIZATION_REJECTED	Rechazar sesión
5031	DIAMETER_USER_UNKNOWN	Rechazar sesión (suscriptor inválido)

Códigos de Resultado por Servicio

Importante: El Result-Code puede aparecer en dos niveles:

- 1. Nivel de mensaje - Resultado general
- 2. Nivel de MSCC - Resultado por servicio

Ejemplo:

```
CCA-Initial
├── Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)  ← Nivel de mensaje: OK
├── Multiple-Services-Credit-Control
│   ├── [Rating-Group: 100]
│   │   └── Result-Code: DIAMETER_SUCCESS (2001)  ← RG 100: OK
│   └── [Rating-Group: 200]
│       └── Result-Code: DIAMETER_CREDIT_LIMIT_REACHED (4012)  ← RG 200: Sin crédito
```

Comportamiento de PGW-C:

- Permitir tráfico para Rating-Group 100
- Bloquear tráfico para Rating-Group 200

Integración con Gx

La interfaz Gx (control de política PCRF) determina si se requiere carga en línea y proporciona el Rating-Group que impulsa la carga Gy. Ver [Interfaz Diámetro Gx](#) para la documentación completa de control de políticas.

Relación entre Gx y Gy

Flujo de Integración

1. Configuración de Portadora:

```
PGW-C recibe Solicitud de Crear Sesión
├── Enviar CCR-I a PCRF (Gx)
├── Recibir CCA-I con Reglas PCC
├── Analizar Reglas PCC:
│   ├── ¿La regla tiene Rating-Group?
│   └── ¿Es Online = 1?
├── Si SÍ:
│   ├── Enviar CCR-I a OCS (Gy) con Rating-Group
│   ├── Recibir CCA-I con cuota
│   ├── Si cuota concedida: Proceder
│   └── Si sin crédito: Rechazar portadora
├── Si NO:
│   └── Proceder sin carga en línea
```

2. Actualización de Política Dinámica (RAR de PCRF):

```
PCRF envía RAR (Re-Auth-Request) en Gx
├── Nueva Regla PCC añadida con Online=1, Rating-Group=200
├── PGW-C envía CCR-U a OCS (Gy)
│   └── Añadir MSCC para Rating-Group 200
├── OCS concede cuota para nuevo servicio
└── Instalar portadora dedicada con carga en línea
```

Solución de Problemas

Problemas Comunes

1. Tiempos de Espera de CCR-Initial a OCS

Síntomas:

- Las sesiones fallan con "tiempo de espera de OCS"
- Registro: "tiempo de espera de CCR-Initial (Gy)"

Causas Posibles:

- OCS no accesible
- IP de OCS incorrecta en la configuración
- Firewall bloqueando el puerto de Diámetro (3868)
- OCS sobrecargado

Resolución:

```
# Probar conectividad de red
ping <ocs_ip>
```

```
# Probar puerto de Diámetro (TCP 3868)
telnet <ocs_ip> 3868

# Verificar configuración
# Asegurarse de que el par OCS esté configurado en peer_list
```

2. Sesiones Rechazadas por OCS

Síntomas:

- CCA-I con Result-Code != 2001
- La respuesta de Crear Sesión falla

Códigos de Resultado Comunes:

Código de Resultado	Causa Probable	Resolución
4012	Límite de crédito alcanzado	El suscriptor necesita recargar
5003	Autorización rechazada	Verificar permisos del suscriptor
5031	Usuario desconocido	Provisionar suscriptor en OCS

Pasos de Depuración:

1. Verificar registros de OCS para la razón del rechazo
2. Verificar saldo del suscriptor en OCS
3. Comprobar que IMSI/MSISDN en CCR-I coincida con el registro del suscriptor

3. Agotamiento de Cuota No Detectado

Síntomas:

- El usuario continúa usando datos después de que se agota el saldo
- No se envió CCR-Update

Causas Posibles:

- URR (Regla de Informe de Uso) no instalada en PGW-U
- Umbral no configurado correctamente
- Informes de Sesión PFPCP no recibidos

Pasos de Depuración:

1. Verificar URR en Establecimiento de Sesión PFPCP:

```
Crear URR
├─ URR-ID: 1
├─ Measurement-Method: VOLUME
├─ Volume-Threshold: 8000000 (8 MB)
└─ Reporting-Triggers: VOLUME_THRESHOLD
```

2. Comprobar registros de PGW-U para informes de uso
3. Verificar quota_threshold_percentage en la configuración

4. Grupo de Tarificación Incorrecto

Síntomas:

- OCS rechaza con "Grupo de Tarificación Desconocido"
- Las sesiones fallan

Causa:

- Grupo de Tarificación en CCR-I no coincide con la configuración de OCS
- PCRF provisionó un Grupo de Tarificación inválido

Resolución:

1. Verificar Grupo de Tarificación en la Regla PCC del PCRF
2. Comprobar configuración de OCS para Grupos de Tarificación válidos
3. Asegurarse de que el mapeo entre Reglas PCC y tarifas de OCS sea correcto

Monitoreo

Métricas Clave

```
# Tasas de mensajes Gy
rate(gy_inbound_messages_total{message_type="cca"}[5m])
rate(gy_outbound_messages_total{message_type="ccr"}[5m])

# Tasas de errores Gy
rate(gy_inbound_errors_total[5m])

# Eventos de agotamiento de cuota
rate(gy_quota_exhausted_total[5m])

# Tasa de tiempo de espera de OCS
rate(gy_timeout_total[5m])

# Duración del manejo de mensajes Gy
histogram_quantile(0.95, rate(gy_inbound_handling_duration_bucket[5m]))
```

Alertas

```
# Alerta sobre alta tasa de errores Gy
- alert: GyErrorRateHigh
  expr: rate(gy_inbound_errors_total[5m]) > 0.1
  for: 5m
  annotations:
    summary: "Se detectó una alta tasa de errores Gy"

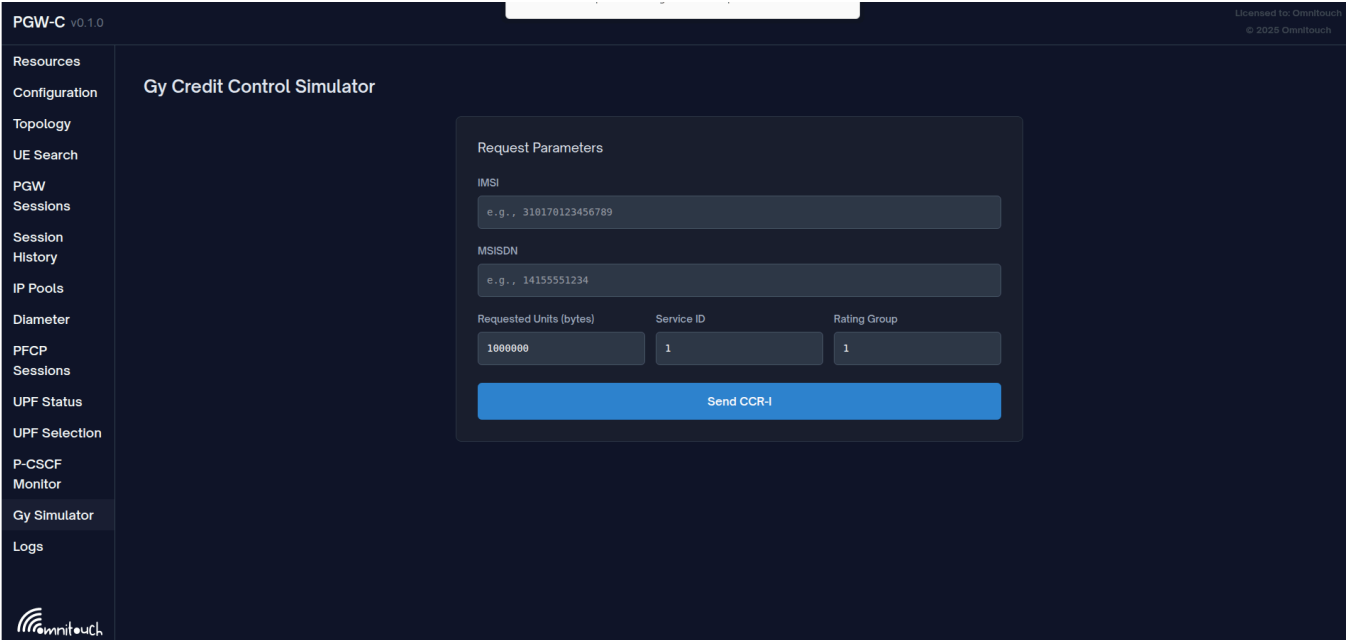
# Alerta sobre tiempo de espera de OCS
- alert: OcsTimeout
  expr: rate(gy_timeout_total[5m]) > 0.05
  for: 2m
  annotations:
    summary: "Se están produciendo tiempos de espera de OCS"

# Alerta sobre aumento de agotamiento de crédito
- alert: CreditExhaustionSpike
  expr: rate(gy_quota_exhausted_total[5m]) > 10
  for: 5m
  annotations:
    summary: "Alta tasa de agotamiento de crédito"
```

Interfaz Web - Simulador de Control de Crédito Gy

OmniPGW incluye un simulador Gy/Ro integrado para probar la funcionalidad de carga en línea sin requerir un OCS externo.

Acceso: `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/gy_simulator`



Propósito: Probar y simular escenarios de carga en línea para suscriptores prepagados

Características:

1. Parámetros de Solicitud

- **IMSI** - Identidad del suscriptor (por ejemplo, "310170123456789")
- **MSISDN** - Número de teléfono (por ejemplo, "14155551234")
- **Unidades Solicitadas** - Cantidad de cuota a solicitar (en bytes)
- **ID de Servicio** - Identificador del tipo de servicio
- **Grupo de Tarificación** - Categoría de carga

2. Simulación de CCR-I

- Enviar CCR-Initial (Solicitud de Control de Crédito Inicial)
- Simula la solicitud de cuota inicial durante el establecimiento de sesión
- Prueba la integración de OCS sin tráfico en vivo

3. Casos de Uso

- **Pruebas de Desarrollo** - Probar la interfaz Gy durante el desarrollo
- **Integración de OCS** - Verificar conectividad y respuestas de OCS
- **Pruebas de Cuota** - Probar diferentes escenarios de cuota
- **Solución de Problemas** - Depurar problemas de carga
- **Demostración** - Demostrar carga en línea a las partes interesadas

Cómo Usar:

1. Ingrese los detalles del suscriptor (IMSI, MSISDN)
2. Establezca las unidades solicitadas (por ejemplo, 1000000 para 1 MB)
3. Configure el ID de Servicio y el Grupo de Tarificación
4. Haga clic en "Enviar CCR-I"
5. Vea la respuesta de OCS y la cuota concedida

Beneficios:

- No es necesario un OCS externo durante las pruebas
- Validación rápida de la lógica de carga
- Entorno de prueba seguro
- Útil para capacitación y demostraciones

Documentación Relacionada

Carga y Política

- [Interfaz Diámetro Gy](#) - Control de política PCRF, reglas PCC que disparan carga en línea
- [Formato de CDR de Datos](#) - Registros de carga fuera de línea para facturación postpagada
- [Guía de Configuración](#) - Parámetros completos de configuración de carga en línea

Gestión de Sesiones

- [Gestión de Sesiones](#) - Ciclo de vida de la sesión PDN, gestión de portadoras
- [Interfaz PFCP](#) - Informe de uso desde PGW-U a través de URRs
- [Interfaz S5/S8](#) - Configuración y eliminación de portadoras GTP-C

Operaciones

- [Guía de Monitoreo](#) - Métricas Gy, seguimiento de cuota, alertas de tiempo de espera de OCS
- [Asignación de IP de UE](#) - Configuración de pool de IP para sesiones con carga

[Volver a la Guía de Operaciones](#)



Guía de Monitoreo y Métricas de OmniPGW

Integración de Prometheus y Monitoreo Operacional

por Omnitouch Network Services

Tabla de Contenidos

1. [Descripción General](#)
 2. [Endpoint de Métricas](#)
 3. [Métricas Disponibles](#)
 4. [Configuración de Prometheus](#)
 5. [Dashboards de Grafana](#)
 6. [Alertas](#)
 7. [Monitoreo de Rendimiento](#)
 8. [Solución de Problemas de Métricas](#)
-

Descripción General

OmniPGW proporciona dos enfoques complementarios de monitoreo:

1. Interfaz Web en Tiempo Real (cubierta brevemente aquí, detallada en la documentación de la interfaz respectiva)

- Visor de sesiones en vivo
- Estado de pares PFCP
- Conectividad de pares Diameter
- Inspección de sesiones individuales

2. Métricas de Prometheus (enfoque principal de este documento)

- Tendencias históricas y análisis
- Alertas y notificaciones
- Métricas de rendimiento
- Planificación de capacidad

Este documento se centra en **métricas de Prometheus**. Para detalles de la interfaz web, consulte:

- [Gestión de Sesiones - Interfaz Web](#)
- [Interfaz PFCP - Interfaz Web](#)
- [Diameter Gx - Interfaz Web](#)

Descripción General de Métricas de Prometheus

OmniPGW expone **métricas compatibles con Prometheus** para un monitoreo integral de la salud del sistema, rendimiento y capacidad. Esto permite a los equipos de operaciones:

- **Monitorear la Salud del Sistema** - Rastrear sesiones activas, asignaciones y errores
- **Planificación de Capacidad** - Comprender las tendencias de utilización de recursos
- **Análisis de Rendimiento** - Medir la latencia en el manejo de mensajes
- **Alertas** - Notificación proactiva de problemas
- **Depuración** - Identificar las causas raíz de los problemas

Arquitectura de Monitoreo

Endpoint de Métricas

Configuración

Habilite las métricas en config/runtime.exs:

```
config :pgw_c,
  metrics: %{
    enabled: true,
    ip_address: "0.0.0.0", # Vincular a todas las interfaces
    port: 9090,             # Puerto HTTP
    registry_poll_period_ms: 5_000 # Intervalo de sondeo
  }
```

Acceso a Métricas

Endpoint HTTP:

http://<omnipgw_ip>:<port>/metrics

Ejemplo:

```
curl http://10.0.0.20:9090/metrics
```

Formato de Salida

Las métricas se exponen en **formato de texto de Prometheus**:

```
# HELP teid_registry_count El número de TEID registrados a sesiones
# TYPE teid_registry_count gauge
teid_registry_count 150

# HELP address_registry_count El número de direcciones registradas a sesiones
# TYPE address_registry_count gauge
address_registry_count 150

# HELP s5s8_inbound_messages_total El número total de mensajes recibidos de pares S5/S8
# TYPE s5s8_inbound_messages_total counter
s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"} 1523
s5s8_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request"} 1487
```

Métricas Disponibles

OmniPGW expone las siguientes categorías de métricas:

Métricas de Sesión

Conteos de Sesiones Activas:

Nombre de Métrica	Tipo	Descripción
teid_registry_count	Gauge	Sesiones S5/S8 activas (conteo de TEID)
seid_registry_count	Gauge	Sesiones PFCP activas (conteo de SEID)
session_id_registry_count	Gauge	Sesiones Gx activas (conteo de Diameter Session-ID)
address_registry_count	Gauge	Direcciones IP de UE asignadas
charging_id_registry_count	Gauge	IDs de carga activos (ver Formato de CDR de Datos para registros de facturación CDR)

Uso:

```
# Sesiones activas actuales
teid_registry_count
```

```
# Tasa de creación de sesiones (por segundo)
rate(teid_registry_count[5m])

# Sesiones máximas en la última hora
max_over_time(teid_registry_count[1h])
```

Contadores de Mensajes

Mensajes S5/S8 (GTP-C):

Nombre de Métrica	Tipo	Etiquetas	Descripción
s5s8_inbound_messages_total	Counter	message_type	Total de mensajes S5/S8 entrantes
s5s8_outbound_messages_total	Counter	message_type	Total de mensajes S5/S8 salientes
s5s8_inbound_errors_total	Counter	message_type	Errores de procesamiento S5/S8

Tipos de Mensajes:

- create_session_request
- create_session_response
- delete_session_request
- delete_session_response
- create_bearer_request
- delete_bearer_request

Mensajes Sxb (PFCP):

Nombre de Métrica	Tipo	Etiquetas	Descripción
sxb_inbound_messages_total	Counter	message_type	Total de mensajes PFCP entrantes
sxb_outbound_messages_total	Counter	message_type	Total de mensajes PFCP salientes
sxb_inbound_errors_total	Counter	message_type	Errores de procesamiento PFCP

Tipos de Mensajes:

- association_setup_request
- association_setup_response
- heartbeat_request
- heartbeat_response
- session_establishment_request
- session_establishment_response
- session_modification_request
- session_deletion_request

Mensajes Gx (Diameter):

Nombre de Métrica	Tipo	Etiquetas	Descripción
gx_inbound_messages_total	Counter	message_type	Total de mensajes Diameter entrantes
gx_outbound_messages_total	Counter	message_type	Total de mensajes Diameter salientes
gx_inbound_errors_total	Counter	message_type	Errores de procesamiento Diameter

Tipos de Mensajes:

- cca (Respuesta de Control de Crédito)
- ccr_initial
- ccr_termination

Métricas de Latencia

Duración del Procesamiento de Mensajes:

Nombre de Métrica	Tipo	Etiquetas	Descripción
s5s8_inbound_handling_duration	Histogram	request_message_type	Tiempo de manejo de mensajes S5/S8
sxb_inbound_handling_duration	Histogram	request_message_type	Tiempo de manejo de mensajes PFCP
gx_inbound_handling_duration	Histogram	request_message_type	Tiempo de manejo de mensajes

Nombre de Métrica	Tipo	Etiquetas	Descripción
		Diameter	

Buckets (microsegundos):

- Valores típicos: 100µs, 500µs, 1ms, 5ms, 10ms, 50ms, 100ms, 500ms, 1s, 5s

Uso:

```
# Latencia S5/S8 en el percentil 95
histogram_quantile(0.95,
  rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])
)

# Latencia promedio PFCP
rate(sxb_inbound_handling_duration_sum[5m]) /
rate(sxb_inbound_handling_duration_count[5m])
```

Métricas del Sistema

Métricas de VM de Erlang:

Nombre de Métrica	Tipo	Descripción
vm_memory_total	Gauge	Memoria total de la VM (bytes)
vm_memory_processes	Gauge	Memoria utilizada por procesos
vm_memory_system	Gauge	Memoria utilizada por el sistema
vm_system_process_count	Gauge	Total de procesos de Erlang
vm_system_port_count	Gauge	Total de puertos abiertos

Configuración de Prometheus

Configuración de Sondeo

Agregue OmniPGW a prometheus.yml:

```
# prometheus.yml
global:
  scrape_interval: 15s
  evaluation_interval: 15s

scrape_configs:
  - job_name: 'omnipgw'
    static_configs:
      - targets: ['10.0.0.20:9090']
        labels:
          instance: 'omnipgw-01'
          environment: 'producción'
          site: 'datacenter-1'
```

Múltiples Instancias de OmniPGW

```
scrape_configs:
  - job_name: 'omnipgw'
    static_configs:
      - targets:
          - '10.0.0.20:9090'
          - '10.0.0.21:9090'
          - '10.0.0.22:9090'
        labels:
          environment: 'producción'
```

Descubrimiento de Servicios

Kubernetes:

```
scrape_configs:
  - job_name: 'omnipgw'
    kubernetes_sd_configs:
      - role: pod
    relabel_configs:
      - source_labels: [__meta_kubernetes_pod_label_app]
        action: keep
        regex: omnipgw
      - source_labels: [__meta_kubernetes_pod_ip]
        target_label: __address__
        replacement: '${1}:9090'
```

Verificación

Prueba de sondeo:

```
# Verifique los objetivos de Prometheus
curl http://prometheus:9090/api/v1/targets

# Consultar una métrica
curl 'http://prometheus:9090/api/v1/query?query=teid_registry_count'
```

Dashboards de Grafana

Configuración del Dashboard

1. Agregar Fuente de Datos de Prometheus:

Configuración → Fuentes de Datos → Agregar fuente de datos → Prometheus
URL: http://prometheus:9090

2. Importar Dashboard:

Cree un nuevo dashboard o importe desde JSON.

Paneles Clave

Panel 1: Sesiones Activas

```
# Consulta
teid_registry_count

# Tipo de Panel: Gauge
# Umbrales:
#   Verde: < 5000
#   Amarillo: 5000-8000
#   Rojo: > 8000
```

Panel 2: Tasa de Sesiones

```
# Consulta
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}[5m])

# Tipo de Panel: Gráfico
# Unidad: solicitudes/seg
```


Panel 3: Utilización de Pool de IP

```
# Consulta (para subred /24 con 254 IPs)
(address_registry_count / 254) * 100

# Tipo de Panel: Gauge
# Unidad: porcentaje (0-100)
# Umbrales:
#   Verde: < 70%
#   Amarillo: 70-85%
#   Rojo: > 85%
```

Panel 4: Latencia de Mensajes (Percentil 95)

```
# Consulta
histogram_quantile(0.95,
rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket{request_message_type="create_session_request"}[5m])
)

# Tipo de Panel: Gráfico
# Unidad: milisegundos
```

Panel 5: Tasa de Errores

```
# Consulta
rate(s5s8_inbound_errors_total[5m])

# Tipo de Panel: Gráfico
# Unidad: errores/seg
# Umbral de Alerta: > 0.1
```

Panel 6: Estado de Asociación PFCP

```
# Consulta
pfcp_peer_associated

# Tipo de Panel: Stat
# Mapeos:
#   1 = "UP" (Verde)
#   0 = "DOWN" (Rojo)
```

Ejemplo Completo de Dashboard

```
{
  "dashboard": {
    "title": "OmniPGW - Dashboard de Operaciones",
    "panels": [
      {
        "title": "Sesiones Activas",
        "targets": [
          {
            "expr": "teid_registry_count",
            "legendFormat": "Sesiones Activas"
          }
        ],
        "type": "graph"
      },
      {
        "title": "Tasa de Creación de Sesiones",
        "targets": [
          {
            "expr":
"rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type=\"create_session_request\"}[5m])",
```

```

        "legendFormat": "Sesiones/seg"
      }
    ],
    "type": "graph"
  },
  {
    "title": "Utilización de Pool de IP",
    "targets": [
      {
        "expr": "(address_registry_count / 254) * 100",
        "legendFormat": "Uso del Pool %"
      }
    ],
    "type": "gauge"
  },
  {
    "title": "Latencia de Mensajes (p95)",
    "targets": [
      {
        "expr": "histogram_quantile(0.95,
rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m]))",
        "legendFormat": "S5/S8 p95"
      },
      {
        "expr": "histogram_quantile(0.95,
rate(sxb_inbound_handling_duration_bucket[5m]))",
        "legendFormat": "PFCP p95"
      }
    ],
    "type": "graph"
  }
]
}
}

```

Alertas

Reglas de Alerta

Cree omnipgw_alerts.yml:

```

groups:
- name: omnipgw
  interval: 30s
  rules:
    # Alertas de Conteo de Sesiones
    - alert: OmniPGW_HighSessionCount
      expr: teid_registry_count > 8000
      for: 5m
      labels:
        severity: warning
      annotations:
        summary: "Conteo alto de sesiones en OmniPGW"
        description: "{{ $value }}" sesiones activas (umbral: 8000)"

    - alert: OmniPGW_SessionCountCritical
      expr: teid_registry_count > 9500
      for: 2m
      labels:
        severity: critical
      annotations:
        summary: "Conteo crítico de sesiones en OmniPGW"
        description: "{{ $value }}" sesiones activas acercándose a la capacidad"

```

```

# Alertas de Pool de IP
- alert: OmniPGW_IPPoolUtilizationHigh
  expr: (address_registry_count / 254) * 100 > 80
  for: 10m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "Utilización alta del pool de IP en OmniPGW"
    description: "Pool de IP {{ $value }}% utilizado"

- alert: OmniPGW_IPPoolExhausted
  expr: address_registry_count >= 254
  for: 1m
  labels:
    severity: critical
  annotations:
    summary: "Pool de IP agotado en OmniPGW"
    description: "No hay IPs disponibles para asignación"

# Alertas de Tasa de Errores
- alert: OmniPGW_HighErrorRate
  expr: rate(s5s8_inbound_errors_total[5m]) > 0.1
  for: 5m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "Alta tasa de errores en OmniPGW"
    description: "{{ $value }} errores/seg en la interfaz S5/S8"

- alert: OmniPGW_GxErrorRate
  expr: rate(gx_inbound_errors_total[5m]) > 0.05
  for: 5m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "Errores Gx en OmniPGW"
    description: "{{ $value }} errores Diameter/seg"

# Alertas de PFCP
- alert: OmniPGW_PFCPAssociationDown
  expr: pfcpeer_associated == 0
  for: 1m
  labels:
    severity: critical
  annotations:
    summary: "PFCP peer {{ $labels.peer }} abajo"
    description: "Asociación PFCP perdida"

- alert: OmniPGW_PFCPHeartbeatFailures
  expr: pfcpeer_consecutive_heartbeat_failures > 2
  for: 30s
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "Fallos de latido PFCP"
    description: "{{ $value }} fallos consecutivos para {{ $labels.peer }}"

# Alertas de Latencia
- alert: OmniPGW_HighLatency
  expr: |
    histogram_quantile(0.95,
      rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])
    ) > 100000
  for: 5m
  labels:

```

```

        severity: warning
    annotations:
        summary: "Alta latencia de mensajes en OmniPGW"
        description: "Latencia p95 {{ $value }}µs (> 100ms)"

# Alertas del Sistema
- alert: OmniPGW_HighMemoryUsage
  expr: vm_memory_total > 2000000000
  for: 10m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "Alta utilización de memoria en OmniPGW"
    description: "VM usando {{ $value | humanize }}B de memoria"

- alert: OmniPGW_HighProcessCount
  expr: vm_system_process_count > 100000
  for: 10m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "Conteo alto de procesos en OmniPGW"
    description: "{{ $value }} procesos Erlang (posible fuga)"

```

Configuración de AlertManager

```

# alertmanager.yml
global:
  resolve_timeout: 5m

route:
  receiver: 'ops-team'
  group_by: ['alertname', 'instance']
  group_wait: 10s
  group_interval: 10s
  repeat_interval: 12h

  routes:
    - match:
        severity: critical
      receiver: 'pagerduty'

    - match:
        severity: warning
      receiver: 'slack'

receivers:
- name: 'ops-team'
  email_configs:
    - to: 'ops@example.com'

- name: 'slack'
  slack_configs:
    - api_url: 'https://hooks.slack.com/services/YOUR/SLACK/WEBHOOK'
      channel: '#omnipegw-alerts'
      title: 'Alerta OmniPGW: {{ .GroupLabels.alertname }}'
      text: '{{ range .Alerts }}{{ .Annotations.description }}{{ end }}'

- name: 'pagerduty'
  pagerduty_configs:
    - service_key: 'YOUR_PAGERDUTY_KEY'

```

Monitoreo de Rendimiento

Indicadores Clave de Rendimiento (KPI)

Consultas de Throughput

Tasa de Configuración de Sesiones:

```
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}[5m])
```

Tasa de Destrucción de Sesiones:

```
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request"}[5m])
```

Crecimiento Neto de Sesiones:

```
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}[5m]) -  
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request"}[5m])
```

Análisis de Latencia

Latencia de Procesamiento de Mensajes (Percentiles):

```
# p50 (Mediana)  
histogram_quantile(0.50,  
  rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])  
)  
  
# p95  
histogram_quantile(0.95,  
  rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])  
)  
  
# p99  
histogram_quantile(0.99,  
  rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])  
)
```

Desglose de Latencia por Tipo de Mensaje:

```
histogram_quantile(0.95,  
  rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket[5m])  
) by (request_message_type)
```

Tendencia de Capacidad

Tendencia de Crecimiento de Sesiones (24h):

```
teid_registry_count -  
teid_registry_count offset 24h
```

Capacidad Restante:

```
# Para capacidad máxima de 10,000 sesiones  
10000 - teid_registry_count
```

Tiempo hasta el Agotamiento de la Capacidad:

```
# Días hasta el agotamiento de la capacidad (basado en la tasa de crecimiento de 1h)  
(10000 - teid_registry_count) /  
(rate(teid_registry_count[1h]) * 86400)
```

Solución de Problemas de Métricas

Identificación de Problemas

Problema: Alta Tasa de Rechazo de Sesiones

Consulta:

```
rate(s5s8_inbound_errors_total[5m]) by (message_type)
```

Acción:

- Verifique los registros de errores
- Verifique la conectividad PCRF (errores Gx)
- Verifique el agotamiento del pool de IP

Problema: Configuración de Sesiones Lenta

Consulta:

```
histogram_quantile(0.95,  
rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket{request_message_type="create_session_request"}[5m])  
)
```

Acción:

- Verifique la latencia Gx (tiempo de respuesta PCRF)
- Verifique la latencia PFCP (tiempo de respuesta PGW-U)
- Revise el uso de recursos del sistema

Problema: Sospecha de Fuga de Memoria

Consultas:

```
# Tendencia de memoria total  
rate(vm_memory_total[1h])  
  
# Tendencia de memoria de procesos  
rate(vm_memory_processes[1h])  
  
# Tendencia de conteo de procesos  
rate(vm_system_process_count[1h])
```

Acción:

- Verifique si hay sesiones obsoletas
- Revise los conteos de registro
- Reinicie si se confirma la fuga

Consultas de Depuración

Encontrar el Tiempo de Sesión Pico:

```
max_over_time(teid_registry_count[24h])
```

Comparar Actual vs. Histórico:

```
teid_registry_count /  
avg_over_time(teid_registry_count[7d])
```

Identificar Anomalías:

```
abs(
```

```
teid_registry_count -  
avg_over_time(teid_registry_count[1h])  
) > 100
```

Mejores Prácticas

Recolección de Métricas

1. **Intervalo de Sondeo:** 15-30 segundos (equilibrar granularidad vs. carga)
2. **Retención:** 15+ días para análisis histórico
3. **Etiquetas:** Usar etiquetado consistente (instancia, entorno, sitio)

Diseño de Dashboards

1. **Dashboard de Visión General** - KPIs de alto nivel para NOC
2. **Dashboards Detallados** - Profundización por interfaz
3. **Dashboard de Solución de Problemas** - Métricas de errores y registros

Diseño de Alertas

1. **Evitar la Fatiga de Alertas** - Solo alertar sobre problemas accionables
 2. **Escalación** - Advertencia → Crítico con gravedad creciente
 3. **Contexto** - Incluir enlaces de runbook en descripciones de alertas
-

Documentación Relacionada

Configuración y Configuración

- [Guía de Configuración](#) - Configuración de métricas de Prometheus, configuración de la interfaz web
- [Guía de Solución de Problemas](#) - Uso de métricas para depuración

Métricas de Interfaz

- [Interfaz PFCP](#) - Métricas de sesión PFCP, monitoreo de salud de UPF
- [Interfaz Diameter Gx](#) - Métricas de políticas Gx, seguimiento de interacción PCRF
- [Interfaz Diameter Gy](#) - Métricas de carga Gy, seguimiento de cuotas, tiempos de espera de OCS
- [Interfaz S5/S8](#) - Métricas de mensajes GTP-C, comunicación SGW-C

Monitoreo Especializado

- [Monitoreo P-CSCF](#) - Métricas de descubrimiento P-CSCF, salud IMS
 - [Gestión de Sesiones](#) - Sesiones activas, métricas del ciclo de vida de sesiones
 - [Asignación de IP de UE](#) - Métricas de utilización del pool de IP
-

[Volver a la Guía de Operaciones](#)

Guía de Monitoreo de OmniPGW - por Omnitouch Network Services



Opciones de Configuración de Protocolo (PCO)

Parámetros de Red Entregados al UE

OmniPGW de Omnitouch Network Services

Descripción General

PCO (Opciones de Configuración de Protocolo) son parámetros de red enviados al UE (dispositivo móvil) durante el establecimiento de la conexión PDN. Estos parámetros permiten al UE acceder a servicios de red como DNS, IMS y configurar ajustes de red.

Elementos de Información PCO:

Nombre IE	ID de Contenedor	Descripción	Requerido
Dirección IPv4 del Servidor DNS	0x000D	DNS Primario	Sí
Dirección IPv4 del Servidor DNS	0x000D	DNS Secundario	Opcional
Dirección IPv4 del P-CSCF	0x000C	P-CSCF para IMS	Opcional (IMS)
MTU de Enlace IPv4	0x0010	Unidad máxima de transmisión	Recomendado
Dirección IPv4 del Servidor NBNS	0x0011	Servidor de nombres NetBIOS	Opcional

Configuración

Configuración Básica

```
# config/runtime.exs
config :pgw_c,
  pco: %{
    # Servidores DNS (requerido)
    primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
    secondary_dns_server_address: "8.8.4.4",
```



```

# Servidores NBNS (opcional, para dispositivos Windows)
primary_nbns_server_address: nil,
secondary_nbns_server_address: nil,

# Direcciones P-CSCF para IMS/VoLTE (opcional)
p_cscf_ipv4_address_list: [],

# Descubrimiento Dinámico de P-CSCF (opcional)
p_cscf_discovery_enabled: false,
p_cscf_discovery_dns_server: nil,
p_cscf_discovery_timeout_ms: 5000,

# Tamaño de MTU IPv4 (bytes)
ipv4_link_mtu_size: 1400
}

```

Parámetros PCO

Direcciones de Servidor DNS

DNS Primario y Secundario:

```

pco: %{
  primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
  secondary_dns_server_address: "8.8.4.4"
}

```

Proveedores de DNS Comunes:

Proveedor	Primario	Secundario
Google	8.8.8.8	8.8.4.4
Cloudflare	1.1.1.1	1.0.0.1
Quad9	9.9.9.9	149.112.112.112
OpenDNS	208.67.222.222	208.67.220.220

DNS Privado:

```

pco: %{
  primary_dns_server_address: "10.0.0.10",
  secondary_dns_server_address: "10.0.0.11"
}

```

Direcciones P-CSCF (IMS)

Para Servicios IMS/VoLTE:

```
pco: %{
  p_cscf_ipv4_address_list: [
    "10.0.0.50", # P-CSCF Primario
    "10.0.0.51"  # P-CSCF Secundario
  ]
}
```

P-CSCF (Función de Control de Sesión de Llamadas Proxy):

- Punto de entrada para la señalización IMS
- Requerido para VoLTE, VoWiFi, RCS
- El UE utiliza SIP a través de este servidor

Descubrimiento Dinámico de P-CSCF

Descubrimiento P-CSCF Basado en DNS:

OmniPGW admite el descubrimiento dinámico de P-CSCF a través de consultas DNS como se define en 3GPP TS 23.003 y TS 24.229. Cuando está habilitado, PGW-C puede consultar DNS para direcciones P-CSCF en lugar de usar una configuración estática.

```
pco: %{
  # Habilitar descubrimiento dinámico de P-CSCF
  p_cscf_discovery_enabled: true,

  # Servidor DNS para consultas P-CSCF (como tupla)
  p_cscf_discovery_dns_server: {10, 179, 2, 177},

  # Tiempo de espera para consultas DNS (milisegundos)
  p_cscf_discovery_timeout_ms: 5000,

  # Lista estática de P-CSCF (utilizada como respaldo si DNS falla)
  p_cscf_ipv4_address_list: ["10.0.0.50"]
}
```

Cómo Funciona:

1. Cuando `p_cscf_discovery_enabled: true`, PGW-C realiza consultas DNS para direcciones P-CSCF
2. La consulta DNS se envía al `p_cscf_discovery_dns_server` configurado
3. Si la consulta DNS tiene éxito, las direcciones P-CSCF descubiertas se envían al UE a través de PCO
4. Si la consulta DNS falla o se agota el tiempo, se recurre a la lista estática `p_cscf_ipv4_address_list`
5. Consulte [Monitoreo de P-CSCF](#) para obtener detalles sobre monitoreo y métricas

Flujo de Descubrimiento de P-CSCF

Prioridad de Descubrimiento:

1. **Descubrimiento FQDN por Regla** (Mayor Prioridad) - p_cscf_discovery_fqdn en la regla de selección UPF
2. **Descubrimiento DNS Global** - p_cscf_discovery_enabled: true en la configuración global de PCO
3. **Lista Estática de PCO por Regla** - p_cscf_ipv4_address_list en la anulación de PCO por regla
4. **Lista Estática de PCO Global** (Respaldo) - p_cscf_ipv4_address_list en la configuración global de PCO

Monitoreo:

Todos los intentos de descubrimiento de P-CSCF se registran y se rastrean con métricas:

- Tasas de éxito/fallo de consultas DNS
- Latencia de descubrimiento
- Estadísticas de uso de respaldo
- Métricas de descubrimiento por regla y globales

Consulte [Monitoreo de P-CSCF](#) para obtener detalles completos sobre el monitoreo.

Opciones de Configuración:

Parámetro	Tipo	Predeterminado	Descripción
p_cscf_discovery_enabled	Booleano	false	Habilitar descubrimiento dinámico de P-CSCF basado en DNS
p_cscf_discovery_dns_server	Tupla (IP)	nil	Dirección IP del servidor DNS como tupla de 4 (por ejemplo, {10, 179, 2, 177})
p_cscf_discovery_timeout_ms	Entero	5000	Tiempo de espera para consultas DNS en milisegundos

Casos de Uso:

- **Despliegues IMS Dinámicos** - Las direcciones P-CSCF cambian según la configuración de DNS
- **Balanceo de Carga Geográfico** - DNS devuelve los servidores P-CSCF más cercanos

- **Alta Disponibilidad** - DNS devuelve automáticamente los servidores P-CSCF disponibles
- **Entornos Multi-inquilinos** - Diferentes suscriptores obtienen diferentes servidores P-CSCF

Ejemplo: IMS de Producción con Descubrimiento DNS

```
pco: %{
  primary_dns_server_address: "10.0.0.10",
  secondary_dns_server_address: "10.0.0.11",

  # Habilitar descubrimiento dinámico de P-CSCF
  p_cscf_discovery_enabled: true,
  p_cscf_discovery_dns_server: {10, 179, 2, 177}, # Servidor DNS IMS
  p_cscf_discovery_timeout_ms: 3000,

  # Direcciones P-CSCF de respaldo (si DNS falla)
  p_cscf_ipv4_address_list: [
    "10.0.0.50", # Respaldo primario
    "10.0.0.51" # Respaldo secundario
  ],

  ipv4_link_mtu_size: 1400
}
```

Descubrimiento P-CSCF por Regla:

El descubrimiento de P-CSCF también se puede configurar por regla de selección UPF. Esto permite que diferentes APNs utilicen diferentes servidores DNS para el descubrimiento de P-CSCF:

```
# En la configuración de selección upf
rules: [
  %{
    name: "IMS Traffic",
    priority: 20,
    match_field: :apn,
    match_regex: "^ims",
    upf_pool: [...],

    # Descubrimiento P-CSCF por regla
    p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org"
  }
]
```

Consulte [Configuración de Selección UPF](#) para obtener detalles sobre el descubrimiento de P-CSCF por regla.

Véase también: [Monitoreo de P-CSCF](#) para monitorear el descubrimiento y la

salud de P-CSCF

Servidores NBNS (NetBIOS)

Para Compatibilidad con Dispositivos Windows:

```
pco: %{\n  primary_nbns_server_address: "10.0.0.20",\n  secondary_nbns_server_address: "10.0.0.21"\n}
```

Cuándo Usar:

- Redes empresariales con dispositivos Windows
- Soporte para aplicaciones heredadas
- Resolución de nombres NetBIOS requerida

Tamaño de MTU de Enlace

Unidad Máxima de Transmisión:

```
pco: %{\n  ipv4_link_mtu_size: 1400 # bytes\n}
```

Valores Comunes de MTU:

MTU	Caso de Uso
1500	Ethernet estándar (sin túneles)
1400	Sobrecarga de túneles GTP contabilizada
1420	Sobrecarga reducida
1280	MTU mínima de IPv6
1360	Entornos VPN/túnel

Recomendación: Use **1400** para LTE para tener en cuenta la sobrecarga de GTP-U.

Ejemplos de Configuración

APN de Internet

```
pco: %{\n  primary_dns_server_address: "8.8.8.8",\n  secondary_dns_server_address: "8.8.4.4",\n  ipv4_link_mtu_size: 1400\n}
```

APN de IMS

```
pco: %{
  primary_dns_server_address: "10.0.0.10",
  secondary_dns_server_address: "10.0.0.11",
  p_cscf_ipv4_address_list: [
    "10.0.0.50",
    "10.0.0.51"
  ],
  ipv4_link_mtu_size: 1400
}
```

Véase: [Monitoreo de P-CSCF](#) para monitorear las tasas de éxito de registro IMS y la salud de P-CSCF

APN Empresarial

```
pco: %{
  primary_dns_server_address: "10.100.0.10",
  secondary_dns_server_address: "10.100.0.11",
  primary_nbns_server_address: "10.100.0.20",
  secondary_nbns_server_address: "10.100.0.21",
  ipv4_link_mtu_size: 1400
}
```

PCO en Mensajes GTP-C

Respuesta a la Creación de Sesión

OmniPGW incluye PCO en el mensaje **Respuesta a la Creación de Sesión**:

```
Create Session Response
├── Cause: Request accepted
├── UE IP Address: 100.64.1.42
├── PCO (Protocol Configuration Options)
│   ├── DNS Server IPv4 Address: 8.8.8.8
│   ├── DNS Server IPv4 Address: 8.8.4.4
│   ├── P-CSCF IPv4 Address: 10.0.0.50
│   ├── P-CSCF IPv4 Address: 10.0.0.51
│   └── IPv4 Link MTU: 1400
```

Procesamiento del UE

El UE recibe PCO y:

1. Configura el resolutor DNS con los servidores proporcionados

2. Se registra con P-CSCF para servicios IMS
 3. Establece el MTU de la interfaz al valor especificado
-

Solución de Problemas

Problema: UE No Puede Resolver DNS

Síntomas:

- UE tiene dirección IP pero no puede acceder a internet
- Las búsquedas DNS fallan

Causas Posibles:

1. Direcciones de servidor DNS incorrectas en la configuración de PCO
2. Servidores DNS no accesibles desde el grupo de IP del UE
3. Firewall bloqueando el tráfico DNS

Resolución:

```
# Probar la accesibilidad del servidor DNS
ping 8.8.8.8

# Probar la resolución DNS desde la red del UE
nslookup google.com 8.8.8.8

# Verificar la configuración de PCO
grep "primary_dns_server_address" config/runtime.exs
```

Problema: Falla el Registro IMS

Síntomas:

- Las llamadas VoLTE fallan
- El UE muestra "No hay registro IMS"

Causas Posibles:

1. Configuración de P-CSCF faltante
2. Direcciones IP de P-CSCF incorrectas
3. P-CSCF no accesible

Resolución:

```
# Verificar la configuración de P-CSCF
pco: %{
  p_cscf_ipv4_address_list: ["10.0.0.50"] # Asegurarse de que no
```

```
esté vacío  
}
```

Problema: Problemas de MTU

Síntomas:

- Algunos sitios web cargan, otros no
- Las transferencias de archivos grandes fallan
- Problemas de fragmentación

Causas Posibles:

- MTU demasiado grande para la sobrecarga de túneles
- MTU demasiado pequeña causando fragmentación excesiva

Resolución:

```
# Recomendado: 1400 para túneles GTP  
pco: %{\n  ipv4_link_mtu_size: 1400\n}  
  
# Si aún tiene problemas, intente un valor más bajo  
pco: %{\n  ipv4_link_mtu_size: 1360\n}
```

Mejores Prácticas

Configuración de DNS

1. Usar Servidores DNS Confiables

- Público: Google (8.8.8.8), Cloudflare (1.1.1.1)
- Privado: DNS interno para empresas

2. Siempre Configurar Secundario

- Proporciona redundancia
- Mejora la confiabilidad

3. Considerar la Seguridad DNS

- Resolutores capaces de DNSSEC
- Filtrado DNS para seguridad

Configuración de IMS

1. Proporcionar Múltiples P-CSCF

- Al menos 2 para redundancia
- Distribución geográfica si es posible

2. Asegurar Accesibilidad

- P-CSCF debe ser accesible desde el grupo de IP del UE
- Probar conectividad SIP

Optimización de MTU

1. Considerar la Sobrecarga

- GTP-U: 36 bytes (IPv4)
- IPsec: Variable (50-100 bytes)

2. MTU Estándar para LTE

- Recomendado: **1400 bytes**
- Equilibra el rendimiento y la compatibilidad

3. Probar de Extremo a Extremo

- Descubrimiento de MTU de ruta
- Probar con paquetes grandes

Documentación Relacionada

Guías de Configuración

- [Guía de Configuración](#) - Referencia completa de runtime.exs, selección de UPF con anulaciones de PCO
- [Asignación de IP del UE](#) - Gestión de grupos de IP, asignación basada en APN
- [Monitoreo de P-CSCF](#) - Monitoreo del descubrimiento de P-CSCF, seguimiento de salud, métricas

Gestión de Sesiones e Interfaces

- [Gestión de Sesiones](#) - Ciclo de vida de la sesión PDN, establecimiento de portadoras
- [Interfaz S5/S8](#) - Protocolo GTP-C, codificación y entrega de PCO
- [Interfaz PFCP](#) - Establecimiento de sesión del plano de usuario

IMS y VoLTE

- [Interfaz Diameter Gx](#) - Control de políticas para portadoras IMS
- [Guía de Monitoreo](#) - Métricas y paneles relacionados con PCO

[Volver a la Guía de Operaciones](#)

Configuración PCO de OmniPGW - *por Omnitouch Network Services*



Descubrimiento y Monitoreo de P-CSCF

Descubrimiento Dinámico del Servidor P-CSCF con Monitoreo en Tiempo Real

OmniPGW de Omnitouch Network Services

Visión General

Descubrimiento y Monitoreo de P-CSCF (Función de Control de Sesión de Llamadas Proxy) proporciona descubrimiento dinámico de servidores IMS P-CSCF utilizando consultas DNS SRV con verificación de salud SIP OPTIONS en tiempo real. Esta característica permite:

- **Descubrimiento P-CSCF por Regla:** Diferentes servidores P-CSCF para diferentes tipos de tráfico
- **Monitoreo Automático:** Proceso en segundo plano que monitorea continuamente la resolución DNS (cada 60 segundos)
- **Verificaciones de Salud SIP OPTIONS:** Verifica que los servidores P-CSCF estén activos a través de pings SIP OPTIONS
 - **Primero TCP:** Intenta SIP OPTIONS a través de TCP (preferido por confiabilidad)
 - **Recaída a UDP:** Recae a UDP si TCP falla
 - **Seguimiento de Estado:** Marca cada servidor como :up o :down según la respuesta
- **Seguimiento de Salud en Tiempo Real:** La interfaz web muestra el estado de resolución, IPs descubiertas y estado de salud
- **Recaída Elegante:** Estrategia de recaída de tres niveles para máxima confiabilidad
- **Métricas de Prometheus:** Observabilidad completa a través de métricas de Prometheus

Tabla de Contenidos

1. [Inicio Rápido](#)
2. [Configuración](#)
3. [Cómo Funciona](#)
4. [Monitoreo de Interfaz Web](#)
5. [Métricas y Observabilidad](#)
6. [Estrategia de Recaída](#)
7. [Configuración de DNS](#)
8. [Solución de Problemas](#)
9. [Mejores Prácticas](#)

Inicio Rápido

Configuración Básica

```
# config/runtime.exs

# Configuración global de PCO (servidor DNS para descubrimiento de P-CSCF)
config :pgw_c,
  pco: %{
    p_cscf_discovery_dns_server: "10.179.2.177",
    p_cscf_discovery_enabled: true,
    p_cscf_discovery_timeout_ms: 5000
  },

  upf_selection: %{
    rules: [
      # Tráfico IMS - Descubrimiento dinámico de P-CSCF
      %{
        name: "Tráfico IMS",
        priority: 20,
        match_field: :apn,
        match_regex: "^ims",
        upf_pool: [
          %{remote_ip_address: "10.100.2.21", remote_port: 8805, weight: 80}
        ],
        # FQDN de Descubrimiento de P-CSCF (ver Guía de Configuración para más reglas de selección de UPF)
        p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org",
        # Recaída estática (ver Guía de Configuración de PCO)
        pco: %{
          p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100", "10.101.2.101"]
        }
      }
    ]
  }
}
```

Ver [Guía de Configuración](#) para la configuración completa de reglas de selección de UPF y [Configuración de PCO](#) para opciones de recaída estática de P-CSCF.

Monitoreo de Acceso

1. Inicie OmniPGW
2. Navegue a **Interfaz Web → Monitor P-CSCF** (https://localhost:8086/pcscf_monitor)
3. Vea el estado de resolución en tiempo real y las IPs descubiertas

Configuración

Configuración Global de Descubrimiento de P-CSCF

Configure el servidor DNS utilizado para el descubrimiento de P-CSCF en la sección PCO:

```
pco: %{
  # Servidor DNS para el descubrimiento de P-CSCF (separado del DNS dado a UE)
  p_cscf_discovery_dns_server: "10.179.2.177",

  # Habilitar la función de descubrimiento DNS de P-CSCF
  p_cscf_discovery_enabled: true,

  # Tiempo de espera para consultas DNS SRV (milisegundos)
  p_cscf_discovery_timeout_ms: 5000,

  # Direcciones P-CSCF estáticas (recaída global)
  p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.146"]
}
```

FQDNs de P-CSCF por Regla

Cada regla de selección de UPF puede especificar su propio FQDN de descubrimiento de P-CSCF:

```
upf_selection: %{
  rules: [
    # Tráfico IMS - P-CSCF específico de IMS
    %{
      name: "Tráfico IMS",
      match_field: :apn,
      match_regex: "^ims",
      upf_pool: [...],
      p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org",
      pco: %{
        p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100"] # Recaída
      }
    },

    # Empresa - P-CSCF específico de la empresa
    %{
      name: "Tráfico Empresarial",
      match_field: :apn,
      match_regex: "^enterprise",
      upf_pool: [...],
      p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.enterprise.example.com",
      pco: %{
        p_cscf_ipv4_address_list: ["192.168.1.50"] # Recaída
      }
    },
  ],
}
```

```
# Internet - Sin descubrimiento de P-CSCF (usa configuración global)
%{
  name: "Tráfico de Internet",
  match_field: :apn,
  match_regex: "^internet",
  upf_pool: [...]
  # Sin p_cscf_discovery_fqdn - usa configuración global de PCO
}
}
```

Cómo Funciona

Proceso de Inicio

- 1. La Aplicación Inicia**
 - Se inicializa el GenServer del Monitor P-CSCF
 - El analizador de configuración extrae todos los FQDNs únicos de P-CSCF de las reglas de selección de UPF
- 2. Registro de FQDN**
 - Cada FQDN único se registra con el monitor
 - El monitor realiza una consulta DNS SRV inicial para cada FQDN
 - Verificación de Salud SIP OPTIONS** (en paralelo para todos los servidores descubiertos):
 - Intenta primero TCP (SIP/2.0/TCP en el puerto 5060)
 - Si TCP falla, recae a UDP (SIP/2.0/UDP en el puerto 5060)
 - Marca cada servidor como :up (responde) o :down (sin respuesta/tiempo de espera)
 - Los resultados (IPs, estado de salud o errores) se almacenan en caché con marcas de tiempo
- 3. Monitoreo Periódico** (Cada 60 segundos)
 - El monitor actualiza todos los FQDNs
 - Las consultas DNS se ejecutan en segundo plano sin bloquear
 - Para cada servidor descubierto:
 - Envía SIP OPTIONS a través de TCP (tiempo de espera: 5 segundos)
 - Si TCP falla, intenta UDP (tiempo de espera: 5 segundos)
 - Actualiza el estado de salud según la respuesta
 - La caché se actualiza con los últimos resultados DNS y el estado de salud

Flujo de Creación de Sesión

Proceso de Consulta DNS

El monitor utiliza **registros DNS SRV** para el descubrimiento directo de P-CSCF:

- Consulta SRV:** Consultar registros SRV en `_sip._tcp.{fqdn}`
- Ordenamiento por Prioridad:** Ordenar por prioridad y peso
- Extracción de Objetivos:** Extraer nombres de host de los registros SRV
- Resolución de Nombres de Host:** Resolver nombres de host objetivo a direcciones IP (registros A/AAAA)
- Caché:** Almacenar IPs resueltas con estado y marca de tiempo

Precedencia de Selección de Direcciones P-CSCF

Cuando tanto FQDN como PCO estático están configurados en una regla, FQDN tiene precedencia:

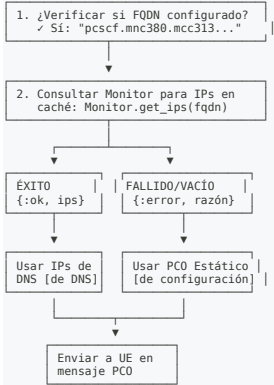
```
%{
  name: "Tráfico IMS",
  p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org", # ← Intentado PRIMERO
  pco: %{
    p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100", "10.101.2.101"] # ← Recaida
  }
}
```

Lógica de Selección:

Condición	Fuente de P-CSCF	IPs Usadas	Mensaje de Registro
FQDN se resuelve con éxito	Descubrimiento DNS (Monitor)	IPs descubiertas de DNS	"Usando direcciones P-CSCF del FQDN pcscf.example.com"
FQDN no se resuelve	Anulación de PCO de Regla	IPs estáticas de pco.p_cscf_ipv4_address_list	"Falló al obtener IPs de P-CSCF del FQDN..., volviendo a la configuración estática"
FQDN devuelve lista vacía	Anulación de PCO de Regla	IPs estáticas de pco.p_cscf_ipv4_address_list	Se activa la recaida
Monitor no disponible	Anulación de PCO de Regla	IPs estáticas de pco.p_cscf_ipv4_address_list	Error activa la recaida
No FQDN configurado	Anulación de PCO de Regla o Global	IPs estáticas de la regla o configuración global	Usa la configuración estática directamente

Flujo de Ejemplo:

Creación de Sesión para la Regla de Tráfico IMS:



Escenarios del Mundo Real:

Escenario 1: Descubrimiento DNS Funciona ☑

Configuración:
p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com"
pco.p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100"]

Resultado DNS: [10.101.2.150, 10.101.2.151]
UE Recibe: [10.101.2.150, 10.101.2.151] ← Desde DNS
Nota: PCO estático se ignora cuando DNS tiene éxito

Escenario 2: DNS Falla, Recaida Elegante ▲

Configuración:
p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com"
pco.p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100"]

Resultado DNS: ERROR :no_naptr_records
UE Recibe: [10.101.2.100] ← Desde PCO estático
Nota: La sesión tiene éxito a pesar de la falla de DNS

Escenario 3: No FQDN Configurado

Configuración:
Sin p_cscf_discovery_fqdn
pco.p_cscf_ipv4_address_list: ["192.168.1.50"]

UE Recibe: [192.168.1.50] ← Desde PCO estático
Nota: No se intentó el descubrimiento DNS

¿Por qué este diseño?

1. **Preferir Dinámico:** DNS proporciona flexibilidad, balanceo de carga y enrutamiento consciente de la ubicación
2. **Asegurar Confiabilidad:** La recaída estática asegura que las sesiones nunca fallen debido a problemas de DNS
3. **Cero Intervención Manual:** Conmutación automática sin intervención del operador
4. **Seguro para Producción:** Lo mejor de ambos mundos - agilidad con estabilidad

Recomendación: Siempre configure tanto FQDN como PCO estático para implementaciones en producción:

```
# ✓ RECOMENDADO: Dinámico con recaída
%{
  p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com", # Preferido
  pco: %{
    p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100"] # Red de seguridad
  }
}

# △ RIESGOSO: Solo dinámico (recae en PCO global)
%{
  p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com"
  # ¡Sin recaída específica de la regla!
}

# / VÁLIDO: Solo estático (sin sobrecarga de DNS)
%{
  pco: %{
    p_cscf_ipv4_address_list: ["192.168.1.50"]
  }
}
```

Monitoreo de Interfaz Web

Página del Monitor P-CSCF

Acceda a la interfaz de monitoreo en: https://localhost:8086/pcscf_monitor

Características:

- **Estadísticas Generales**
 - Total de FQDNs monitoreados
 - FQDNs resueltos con éxito
 - Resoluciones fallidas
 - Total de IPs de P-CSCF descubiertas
- **Tabla de FQDN**
 - FQDN que se está monitoreando
 - Estado de resolución (✓ Resuelto / ✗ Fallido / ◇ Pendiente)
 - Número de IPs descubiertas
 - Lista de direcciones IP resueltas (con detalles del servidor expandibles)
 - Marca de tiempo de la última actualización
 - Botón de actualización manual por FQDN
 - **Estado de Salud:** Cada servidor descubierto muestra:
 - Dirección IP y puerto
 - Nombre de host (del objetivo DNS SRV)
 - Indicador de salud en tiempo real (✓ Activo / ✗ Inactivo)
- **Controles de Actualización**
 - Botón **Actualizar Todo:** Inicia una nueva consulta inmediata de todos los FQDNs
 - **Actualización por FQDN:** Actualiza FQDNs individuales a demanda
 - Auto-actualización: La página se actualiza cada 5 segundos
- **Tablero de Métricas de Monitoreo**
 - **Total de FQDNs:** Número de FQDNs únicos registrados para monitoreo
 - **Resueltos con Éxito:** FQDNs que se resolvieron con éxito a través de DNS
 - **Resoluciones DNS Fallidas:** FQDNs que no se resolvieron
 - **Total de Servidores P-CSCF:** Total de servidores descubiertos en todos los FQDNs
 - **✓ Saludable (SIP OPTIONS ACTIVO):** Servidores que responden a verificaciones de salud SIP OPTIONS
 - **✗ No Saludable (SIP OPTIONS INACTIVO):** Servidores que no responden a SIP OPTIONS
 - **Tasa de Éxito de DNS:** Porcentaje de resoluciones DNS exitosas
 - **Intervalo de Verificación de Salud:** Frecuencia de verificaciones de salud SIP OPTIONS (60s, 5s de tiempo de espera)

PGW-C v0.1.0

Resources

Configuration

Topology

UE Search

PGW Sessions

Session History

IP Pools

Diameter

PFPC Sessions

UPF Status

UPF Selection

P-CSCF Monitor

Gy Simulator

Logs

P-CSCF Discovery Monitor

1 Resolved0 Failed1 / 2 Healthy

Last updated: 00:41:56

Refresh All

FQDN	STATUS	SERVICES	RESPONDING
pcscf.mnc3gppnetwork.org	✓ Resolved	2	1 / 2
Resolved P-CSCF Servers (2)			
10.179.4.166:5060 Hostname: Omnicore-pcscf01.mnc3gppnetwork.org			
10.179.4.166:5060 Hostname: Omnicore-pcscf02.mnc3gppnetwork.org			

Monitoring Metrics

Total FQDNs

1

Successfully Resolved

1

Failed DNS Resolutions

0

Total P-CSCF Servers

2

✓ Healthy (SIP OPTIONS UP)

1

✗ Unhealthy (SIP OPTIONS DOWN)

1

DNS Success Rate

100.0%

Health Check Interval

60s (5s timeout)

El tablero de métricas proporciona visibilidad en tiempo real tanto de la salud de la resolución DNS como de la disponibilidad del servidor P-CSCF a través de SIP OPTIONS.

Integración de la Página de Selección de UPF

La página de Selección de UPF (/upf_selection) muestra el estado de descubrimiento de P-CSCF para cada regla:

◊ Tráfico IMS (Prioridad 20)
Coincidencia: APN coincidiendo con ^ims

```
Pool: UPF-IMS-Primario (10.100.2.21:8805)

◊ Descubrimiento de P-CSCF
FQDN: pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org
Estado: ✓ Resuelto (2 IPs)
IPs Resueltas: 10.101.2.100, 10.101.2.101

◉ Anulaciones de PCO
DNS Primario: 10.103.2.195
P-CSCF (recaída estática): 10.101.2.100, 10.101.2.101
```

Métricas y Observabilidad

Métricas de Prometheus

El sistema de monitoreo de P-CSCF expone métricas a través de Prometheus (puerto 42069 por defecto):

Métricas de Medición

```
# Métricas a nivel de FQDN
pcscf_fqdns_total          # Número total de FQDNs monitoreados
pcscf_fqdns_resolved       # FQDNs resueltos con éxito (DNS tuvo éxito)
pcscf_fqdns_failed        # Resoluciones de FQDN fallidas (DNS falló)

# Métricas a nivel de servidor (agregadas)
pcscf_servers_total       # Total de servidores P-CSCF descubiertos a través de DNS SRV
pcscf_servers_healthy     # Servidores que responden a SIP OPTIONS (agregados)
pcscf_servers_unhealthy   # Servidores que no responden a SIP OPTIONS (agregados)

# Métricas a nivel de servidor (por FQDN con etiqueta)
pcscf_servers_healthy{fqdn="..."} # Servidores saludables para un FQDN específico
pcscf_servers_unhealthy{fqdn="..."} # Servidores no saludables para un FQDN específico
```

Detalles de Verificación de Salud:

- healthy: El servidor respondió al ping SIP OPTIONS (TCP o UDP)
- unhealthy: El servidor no respondió a SIP OPTIONS (tiempo de espera de 5s por transporte)

Ejemplos de Métricas

Métricas de Resolución DNS:

```
# Consultar FQDNs resueltos con éxito
pcscf_fqdns_resolved

# Calcular tasa de éxito de DNS
(pcscf_fqdns_resolved / pcscf_fqdns_total) * 100

# Total de servidores descubiertos
pcscf_servers_total
```

Métricas de Salud SIP OPTIONS:

```
# Total de servidores saludables en todos los FQDNs
pcscf_servers_healthy

# Total de servidores no saludables
pcscf_servers_unhealthy

# Calcular tasa de éxito de verificación de salud
(pcscf_servers_healthy / pcscf_servers_total) * 100

# Servidores saludables para un FQDN específico
pcscf_servers_healthy{fqdn="pcscf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org"}

# Alerta si todos los servidores están inactivos
pcscf_servers_healthy == 0 AND pcscf_servers_total > 0
```

Ejemplos de Alertas de Prometheus:

```
# Alerta cuando todos los servidores P-CSCF están inactivos
- alert: ALLPCSCFServersDown
  expr: pcscf_servers_healthy == 0 AND pcscf_servers_total > 0
  for: 5m
  labels:
    severity: critical
  annotations:
    summary: "Todos los servidores P-CSCF están no saludables"
    description: "{{ $value }}" servidores saludables (0) - todas las verificaciones SIP OPTIONS fallaron"

# Alerta cuando más del 50% de los servidores están inactivos
- alert: MajorityPCSCFServersDown
  expr: (pcscf_servers_healthy / pcscf_servers_total) < 0.5
  for: 5m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "La mayoría de los servidores P-CSCF están no saludables"
    description: "Solo {{ $value }}% de los servidores están respondiendo a SIP OPTIONS"

# Alerta sobre fallas de resolución DNS
- alert: PCSCFDNSResolutionFailed
  expr: pcscf_fqdns_failed > 0
  for: 5m
  labels:
    severity: warning
  annotations:
    summary: "Fallas en la resolución DNS de P-CSCF"
    description: "{{ $value }}" FQDN(s) fallando en resolver"
```

Registro

El monitor registra eventos clave:

```
[info] Monitor P-CSCF iniciado
[info] Registrando 2 FQDNs únicos de P-CSCF para monitoreo: ["pcscf.ims.example.com", "pcscf.enterprise.example.com"]
[info] Monitor P-CSCF: Registrando FQDN pcscf.ims.example.com
[debug] Monitor P-CSCF: Se resolvió con éxito pcscf.ims.example.com a 2 IPs
[warning] Monitor P-CSCF: Falló al resolver pcscf.enterprise.example.com: :nxdomain
[debug] Usando direcciones P-CSCF del FQDN pcscf.ims.example.com: [{10, 101, 2, 100}, {10, 101, 2, 101}]
```

Estrategia de Recaída

El sistema utiliza una **estrategia de recaída de tres niveles** para máxima confiabilidad:

Nivel 1: Descubrimiento DNS (Preferido)

p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com"

- El monitor consulta DNS y almacena en caché las IPs resueltas
- La sesión utiliza las IPs en caché si están disponibles
- **Ventaja:** Dinámico, balanceado, consciente de la ubicación

Nivel 2: PCO Estático Especifico de la Regla (Recaída)

```
pco: %{
  p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100", "10.101.2.101"]
}
```

- Usado si el descubrimiento DNS falla o no devuelve IPs
- Configuración estática específica de la regla
- **Ventaja:** Recaída específica de la regla, predecible

Nivel 3: Configuración Global de PCO (Último Recurso)

```
# Configuración global de pco
pco: %{
  p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.146"]
}
```

- Usado si no hay configuración específica de la regla y DNS falla
- Direcciones P-CSCF predeterminadas globales
- **Ventaja:** Siempre disponible, previene fallos en la sesión

Ejemplo de Lógica de Recaída

La sesión coincide con la regla "Tráfico IMS":

1. Intentar descubrimiento DNS para "pcscf.ims.example.com"
 - └ Éxito → Usar [10.101.2.100, 10.101.2.101] ✓
 - └ Fallido → Intentar el siguiente nivel
2. Intentar anulación de PCO de la regla
 - └ Configurado → Usar [10.101.2.100, 10.101.2.101] ✓
 - └ No configurado → Intentar el siguiente nivel
3. Usar configuración global de PCO
 - └ Usar [10.101.2.146] ✓ (Siempre tiene éxito)

Configuración de DNS

Configuración del Servidor DNS

Configure el servidor DNS con registros SRV y A/AAAA para el descubrimiento de P-CSCF:

```
; Registros SRV para P-CSCF (el prefijo _sip._tcp se consulta automáticamente)
_sip._tcp.pcsf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org. IN SRV 10 50 5060 pcsf1.example.com.
_sip._tcp.pcsf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org. IN SRV 20 50 5060 pcsf2.example.com.
```

```
; Registros A
pcsf1.example.com. IN A 10.101.2.100
pcsf2.example.com. IN A 10.101.2.101
```

Importante: OmniPGW automáticamente antepone _sip._tcp. al FQDN configurado. Si configura p_cscf_discovery_fqdn: "pcsf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org", el sistema consultará _sip._tcp.pcsf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org.

Formato de Registro SRV

Los registros SRV siguen este formato:

```
_servicio._proto.dominio. IN SRV prioridad peso puerto objetivo.
```

- **Prioridad:** Valores más bajos tienen mayor prioridad (10 antes de 20)
- **Peso:** Para balanceo de carga entre la misma prioridad (más alto = más tráfico)
- **Puerto:** Puerto SIP (típicamente 5060 para TCP, 5060 para UDP)
- **Objetivo:** Nombre de host a resolver a dirección IP

Prueba de Configuración DNS

```
# Consultar registros SRV (note el prefijo _sip._tcp)
dig SRV _sip._tcp.pcsf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org @10.179.2.177
```

```
# Salida esperada:
# _sip._tcp.pcsf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org. 300 IN SRV 10 50 5060 pcsf1.example.com.
```

```
# Resolver nombre de P-CSCF a IP
dig A pcsf1.example.com @10.179.2.177
```

```
# Salida esperada:
# pcsf1.example.com. 300 IN A 10.101.2.100
```

Solución de Problemas

Problema: FQDN Muestra Estado "Fallido"

Síntomas:

- La interfaz web muestra estado **X** Fallido
- Error: :nxdomain, :timeout, o :no_naptr_records

Causas Posibles:

1. Servidor DNS no accesible
2. FQDN no existe en DNS
3. No se configuraron registros NAPTR
4. Tiempo de espera del servidor DNS

Resolución:

```
# 1. Probar conectividad del servidor DNS
ping 10.179.2.177
```

```
# 2. Probar consulta NAPTR manualmente
dig NAPTR pcsf.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org @10.179.2.177
```

```
# 3. Verificar registros de OmniPGW
grep "P-CSCF" /var/log/pgw_c.log
```

```
# 4. Verificar configuración
grep "p_cscf_discovery_dns_server" config/runtime.exs
```

```
# 5. Actualización manual en la interfaz web
# Haga clic en el botón "Actualizar" junto al FQDN fallido
```

Problema: No se Devuelven IPs

Síntomas:

- La interfaz web muestra "0 IPs"
- El estado puede ser ✓ Resuelto o **X** Fallido

Causas Posibles:

1. Existen registros NAPTR pero los FQDNs de reemplazo no se resuelven
2. El campo de servicio no coincide con el patrón IMS/SIP
3. Faltan registros A/AAAA

Resolución:

```
# Verificar el campo de servicio del registro NAPTR
dig NAPTR pcsf.example.com @10.179.2.177
```

```
# Asegurarse de que el servicio contenga "SIP" o "IMS":
# CORRECTO: "SIP+D2U", "x-3gpp-ims:sip"
# INCORRECTO: "HTTP", "FTP"
```

```
# Verificar que existan registros A/AAAA
dig pcsf1.example.com A @10.179.2.177
```

Problema: Sesiones Usan P-CSCF Incorrecto

Síntomas:

- UE recibe direcciones P-CSCF inesperadas
- Se usa la recaída estática en lugar de las IPs descubiertas

Causas Posibles:

- 1. El descubrimiento DNS falló pero la recaída está funcionando
- 2. Coincidencia de regla incorrecta
- 3. FQDN no registrado

Resolución:

```
# 1. Verificar la página del Monitor P-CSCF
# Verificar que el FQDN esté registrado y resuelto

# 2. Verificar registros de sesión
grep "Usando direcciones P-CSCF del FQDN" /var/log/pgw_c.log

# 3. Verificar la página de Selección de UPF
# Verificar que la regla muestre el FQDN correcto y el estado

# 4. Probar coincidencia de regla
# Crear sesión con APN específico y verificar qué regla coincide
```

Problema: Alta Latencia en Consultas DNS

Sintomas:

- Creación de sesión lenta
- Métricas muestran alta p_cscf_discovery_query_duration_seconds

Causas Posibles:

- 1. Problemas de rendimiento del servidor DNS
- 2. Latencia de red hacia el servidor DNS
- 3. Tiempo de espera demasiado alto

Resolución:

```
# Reducir tiempo de espera de consulta
pco: %{
  p_cscf_discovery_timeout_ms: 2000 # Reducir de 5000ms
}

# Considerar usar un servidor DNS más cercano
pco: %{
  p_cscf_discovery_dns_server: "10.0.0.10" # DNS local
}
```

Mejores Prácticas

1. Selección del Servidor DNS

Usar Servidor DNS Dedicado

```
pco: %{
  # DNS dedicado para el descubrimiento de P-CSCF (no el mismo que el DNS de UE)
  p_cscf_discovery_dns_server: "10.179.2.177",

  # Servidores DNS de UE (dados a dispositivos móviles)
  primary_dns_server_address: "8.8.8.8",
  secondary_dns_server_address: "8.8.4.4"
}
```

¿Por qué?

- Separar preocupaciones: DNS de UE vs. DNS interno de IMS
- Diferentes políticas de acceso y seguridad
- Escalabilidad y confiabilidad independientes

2. Siempre Configurar Recaída Estática

```
%{
  p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.example.com", # Preferido
  pco: %{
    p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100"] # Recaída requerida
  }
}
```

¿Por qué?

- Asegura que las sesiones tengan éxito incluso si DNS falla
- Degradación elegante
- Cumple con los requisitos de SLA

3. Usar FQDNs Específicos por Tipo de Tráfico

```
rules: [
  # IMS
  %{
    name: "IMS",
    match_regex: "^ims",
    p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.ims.mnc380.mcc313.3gppnetwork.org"
  },

  # Empresa
  %{
    name: "Empresa",
    match_regex: "^enterprise",
    p_cscf_discovery_fqdn: "pcscf.enterprise.example.com"
  }
]
```

¿Por qué?

- Diferentes grupos de P-CSCF por servicio
- Mejor distribución de carga
- Enrutamiento específico de servicio

4. Monitorear el Rendimiento de Consultas DNS

```
# Alerta sobre alta latencia de consulta P-CSCF
alert: HighPCSCFQueryLatency
expr: histogram_quantile(0.95, p_cscf_discovery_query_duration_seconds_bucket) > 2
for: 5m
labels:
  severity: warning
annotations:
  summary: "Las consultas DNS de P-CSCF son lentas (p95 > 2s)"
```

5. Verificaciones de Salud de DNS Regulares

- **Interfaz Web:** Verifique la página del Monitor P-CSCF diariamente
- **Métricas:** Monitoree la métrica p_cscf_monitor_fqdns_failed
- **Registros:** Esté atento a errores de DNS
- **Pruebas:** Verifique periódicamente que existan registros DNS

6. Configurar Tiempo de Espera Apropiado

```
# Producción: Equilibrar confiabilidad vs. latencia
pco: %{
  p_cscf_discovery_timeout_ms: 5000 # 5 segundos
}

# Alto rendimiento: Favorecer velocidad, confiar en recaídas
pco: %{
  p_cscf_discovery_timeout_ms: 2000 # 2 segundos
}
```


7. Usar Redundancia DNS

Configurar DNS primario y secundario:

```
# DNS Primario P-CSCF
pcscf.mnc388.mcc313.3gppnetwork.org. IN NAPTR 10 50 "s" "SIP+D2U" "" _sip._udp.pcscf1.example.com.

# DNS Secundario P-CSCF
pcscf.mnc388.mcc313.3gppnetwork.org. IN NAPTR 20 50 "s" "SIP+D2U" "" _sip._udp.pcscf2.example.com.
```

Documentación Relacionada

- [Configuración de PCQ](#) - Opciones de Configuración de Protocolo, configuración de DNS y P-CSCF
- [Guía de Configuración](#) - Referencia completa de configuración de OmniPGW
- [Monitoreo](#) - Métricas, registro y observabilidad
- [Gestión de Sesiones](#) - Ciclo de vida de la sesión y entrega de PCO
- [Interfaz PFCEP](#) - Comunicación de la Función de Plano de Usuario

[Volver a la Documentación Principal](#)



Documentación de la Interfaz PFCP/Sxb

Protocolo de Control de Reenvío de Paquetes - Comunicación de PGW-C a PGW-U

Tabla de Contenidos

1. [Descripción General](#)
 2. [Conceptos Básicos del Protocolo](#)
 3. [Gestión de Asociaciones PFCP](#)
 4. [Gestión de Sesiones PFCP](#)
 5. [Reglas de Procesamiento de Paquetes](#)
 6. [Configuración](#)
 7. [Selección de UPF basada en DNS](#)
 8. [Flujos de Mensajes](#)
 9. [Solución de Problemas](#)
 10. [Interfaz Web - Monitoreo PFCP](#)
 11. [Documentación Relacionada](#)
-

Descripción General

La **interfaz Sxb** utiliza el **PFCP (Protocolo de Control de Reenvío de Paquetes)** para la comunicación entre el PGW-C (plano de control) y el PGW-U (plano de usuario). Esta separación permite:

- **Plano de Control (PGW-C)** - Maneja la señalización, gestión de sesiones, decisiones de políticas
- **Plano de Usuario (PGW-U)** - Maneja el reenvío real de paquetes a alta velocidad

Arquitectura PFCP

Conceptos Básicos del Protocolo

Versión PFCP

PGW-C implementa **PFCP Versión 1** (3GPP TS 29.244).

Transporte

- **Protocolo:** UDP
- **Puerto Predeterminado:** 8805
- **Formato de Mensaje:** Codificado en binario utilizando la especificación PFCP

Tipos de ID de Nodo

Los pares PFCP se identifican por el ID de Nodo, que puede ser:

- **Dirección IPv4** - Más común
 - **Dirección IPv6**
 - **FQDN** (Nombre de Dominio Totalmente Calificado)
-

Gestión de Asociaciones PFCP

Antes de que pueda ocurrir la gestión de sesiones, se debe establecer una **asociación** PFCP entre PGW-C y PGW-U.

Flujo de Configuración de Asociación

Gestión del Estado del Par

Cada par PFCP mantiene estado:

Campo	Descripción
is_associated	Booleano que indica el estado de asociación
remote_node_id	ID de Nodo del par (IP o FQDN)
remote_ip_address	Dirección IP para comunicación
remote_port	Puerto UDP (predeterminado 8805)
heartbeat_period_ms	Intervalo de latido en milisegundos
missed_heartbeats_consecutive	Conteo de latidos perdidos
up_function_features	Características del plano de usuario soportadas
up_recovery_time_stamp	Marca de tiempo de recuperación del par

Mecanismo de Latido

Propósito: Detectar fallos en el par y mantener la vitalidad de la asociación

Configuración:

```
# En config/runtime.exs
sxb: %{
  local_ip_address: "10.0.0.20"
},
upf_selection: %{
  fallback_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.0.0.21", remote_port: 8805, weight: 100}
  ]
}
# Todos los UPFs están registrados automáticamente con latidos de 5 segundos
```

Detección de Fallos:

- Cada latido perdido incrementa `missed_heartbeats_consecutive`
 - Generalmente configurado para fallar después de 3 pérdidas consecutivas
 - La asociación fallida impide nuevas sesiones a ese par
-

Gestión de Sesiones PFCP

Las sesiones PFCP se crean para cada conexión PDN de UE para programar reglas de reenvío

en el plano de usuario.

Ciclo de Vida de la Sesión

Establecimiento de Sesión

Cuándo: UE se conecta y crea una conexión PDN

PGW-C envía a PGW-U:

Solicitud de Establecimiento de Sesión que contiene:

- **SEID** (ID de Punto Final de Sesión) - Identificador único de sesión
- **ID de Nodo** - ID de Nodo de PGW-C
- **F-SEID** - SEID Totalmente Calificado (incluye IP + SEID)
- **PDRs** - Reglas de Detección de Paquetes (típicamente 2: uplink + downlink)
- **FARs** - Reglas de Acción de Reenvío (típicamente 2: uplink + downlink)
- **QERs** - Reglas de Aplicación de QoS (límites de bitrate)
- **BAR** - Regla de Acción de Buffering (para buffering de downlink)

PGW-U responde:

Respuesta de Establecimiento de Sesión que contiene:

- **Causa** - Razón de éxito o fallo
- **F-SEID** - Punto final de sesión de PGW-U
- **PDRs Creados** - Reconocimiento de reglas creadas
- **F-TEID** - TEID Totalmente Calificado para la interfaz S5/S8

Modificación de Sesión

Cuándo: Cambios de QoS, actualizaciones de políticas o modificaciones de bearer ocurren

La modificación puede incluir:

- Agregar nuevos PDRs, FARs, QERs
- Eliminar reglas existentes
- Actualizar parámetros de regla

Eliminación de Sesión

Cuándo: UE se desconecta o la conexión PDN es terminada

Proceso:

1. PGW-C envía Solicitud de Eliminación de Sesión con SEID
2. PGW-U elimina todas las reglas y libera recursos
3. PGW-U responde con Respuesta de Eliminación de Sesión

Reglas de Procesamiento de Paquetes

PFCP utiliza un conjunto de reglas para definir cómo el plano de usuario procesa paquetes.

Arquitectura de Reglas

PDR (Regla de Detección de Paquetes)

Propósito: Identificar a qué paquetes se aplica esta regla

Configuración Típica de PGW-C:

PDR #1 - Downlink:

PDR ID: 1
Precedencia: 100
PDI (Información de Detección de Paquetes):

- Interfaz de Origen: CORE (lado de Internet)
- Dirección IP de UE: 100.64.1.42/32

FAR ID: 1 (regla de reenvío asociada)

PDR #2 - Uplink:

PDR ID: 2
Precedencia: 100
PDI (Información de Detección de Paquetes):

- Interfaz de Origen: ACCESS (lado de SGW)
- F-TEID: <punto final del túnel S5/S8>

FAR ID: 2 (regla de reenvío asociada)
QER ID: 1 (aplicación de QoS)

Campos Clave de PDR:

- **PDR ID** - Identificador único de regla (por sesión)
- **Precedencia** - Prioridad de coincidencia de regla (más alto = más específico)
- **PDI** - Criterios de coincidencia (interfaz, IP, TEID, etc.)
- **Eliminación de Encabezado Externo** - Eliminar encabezado GTP-U en la entrada
- **FAR ID** - Acción de reenvío asociada
- **QER ID** - Aplicación de QoS asociada (opcional)

FAR (Regla de Acción de Reenvío)

Propósito: Definir qué hacer con los paquetes coincidentes

FAR #1 - Downlink (Internet → UE):

FAR ID: 1
Aplicar Acción: REENVIAR
Parámetros de Reenvío:

- Interfaz de Destino: ACCESS (a SGW)
- Creación de Encabezado Externo: GTP-U/UDP/IPv4
- F-TEID Remoto: <punto final del túnel S5/S8 de SGW>

FAR #2 - Uplink (UE → Internet):

FAR ID: 2
Aplicar Acción: REENVIAR
Parámetros de Reenvío:

- Interfaz de Destino: CORE (a Internet)
- (Sin encabezado externo - reenvío IP simple)

Campos Clave de FAR:

- **FAR ID** - Identificador único de regla
- **Aplicar Acción** - REENVIAR, DESCARTAR, BUFFER, NOTIFICAR
- **Parámetros de Reenvío:**
 - Interfaz de destino (ACCESS/CORE)
 - Creación de Encabezado Externo (agregar túnel GTP-U)
 - Instancia de Red (VRF/tabla de enrutamiento)

QER (Regla de Aplicación de QoS)

Propósito: Aplicar límites de bitrate y parámetros de QoS. Los QERs también pueden rastrear el uso para la gestión de cuotas de carga en línea (ver [Interfaz Diameter Gy](#) para control de crédito).

Ejemplo de QER:

```
QER ID: 1
Estado de la Puerta: ABIERTO
Bitrate Máximo:
- Uplink: 100 Mbps
- Downlink: 50 Mbps
Bitrate Garantizado: (opcional, para bearers GBR)
- Uplink: 10 Mbps
- Downlink: 10 Mbps
```

Campos Clave de QER:

- **QER ID** - Identificador único de regla
- **Estado de la Puerta** - ABIERTO (permitir) o CERRADO (bloquear)
- **MBR** - Bitrate Máximo (uplink/downlink)
- **GBR** - Bitrate Garantizado (para bearers dedicados)
- **QCI** - Identificador de Clase de QoS (afecta la programación)

BAR (Regla de Acción de Buffering)

Propósito: Controlar el buffering de paquetes de downlink cuando el UE está inactivo

Ejemplo de BAR:

```
BAR ID: 1
Retraso de Notificación de Datos de Downlink: 100ms
Conteo Sugerido de Paquetes de Buffering: 10
```

Utilizado para: Optimización de DRX (Recepción Discontinua) en modo inactivo

Configuración

Configuración Básica de Sxb

Edita config/runtime.exs:

```
config :pgw_c,
  sxb: %{
```

```

# Dirección IP local para comunicación PFCP
local_ip_address: "10.0.0.20",

# Opcional: Sobrescribir puerto predeterminado (8805)
local_port: 8805
},

# Selección de UPF - Todos los UPFs definidos aquí están registrados
automáticamente
upf_selection: %{
  fallback_pool: [
    %{
      # Dirección IP de PGW-U
      remote_ip_address: "10.0.0.21",

      # Puerto PFCP (predeterminado: 8805)
      remote_port: 8805,

      # Peso para balanceo de carga (100 = normal, 0 = en espera)
      weight: 100
    }
  ]
}

```

Múltiples Pares PGW-U

Para balanceo de carga o redundancia:

```

config :pgw_c,
  sxb: %{
    local_ip_address: "10.0.0.20"
  },
  upf_selection: %{
    fallback_pool: [
      %{remote_ip_address: "10.0.1.21", remote_port: 8805, weight: 50}, # 50% de
tráfico
      %{remote_ip_address: "10.0.2.21", remote_port: 8805, weight: 50} # 50% de
tráfico
    ]
  }
# Ambos UPFs registrados automáticamente con latidos de 5 segundos

```

Configuración de Selección de UPF

PGW-C utiliza un **sistema de selección de UPF de tres niveles** con reglas basadas en prioridad:

1. **Reglas Estáticas** (Mayor Prioridad) - Coinciden según los atributos de la sesión
2. **Selección Basada en DNS** (Prioridad Media) - Enrutamiento consciente de la ubicación a través de consultas DNS NAPTR
3. **Grupo de Respaldo** (Menor Prioridad) - Grupo UPF predeterminado cuando no coinciden reglas

Ejemplo Completo de Selección de UPF

```

config :pgw_c,

```

```

# Interfaz PFCP
sxb: %{
  local_ip_address: "10.0.0.20"
},

# Selección de UPF: Todos los UPFs definidos aquí están registrados
automáticamente
upf_selection: %{
  # =====
  # Selección Basada en DNS (Enrutamiento Consciente de la Ubicación)
  # =====
  # Realiza consultas DNS utilizando Información de Ubicación del Usuario (ULI)
  # Proporciona selección dinámica de UPF basada en la ubicación de la celda
  dns_enabled: false,
  dns_query_priority: [:ecgi, :tai, :rai, :sai, :cgi],
  dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",
  dns_timeout_ms: 5000,

  # =====
  # Reglas de Selección Estática (Evaluadas por Prioridad)
  # =====
  # Las reglas se comprueban de mayor a menor prioridad
  # La primera regla coincidente determina el grupo UPF
  rules: [
    # Regla 1: Tráfico IMS - Mayor Prioridad
    %{
      name: "Tráfico IMS",
      priority: 20,
      match_field: :apn,
      match_regex: "^ims",
      upf_pool: [
        %{remote_ip_address: "10.100.2.21", remote_port: 8805, weight: 80},
        %{remote_ip_address: "10.100.2.22", remote_port: 8805, weight: 20}
      ],
      # Opcional: PCO sobrescribe para esta regla
      pco: %{
        p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100", "10.101.2.101"]
      }
    },

    # Regla 2: APN Empresarial - Alta Prioridad
    %{
      name: "Tráfico Empresarial",
      priority: 15,
      match_field: :apn,
      match_regex: "^(enterprise|corporate)\\.apn",
      upf_pool: [
        %{remote_ip_address: "10.100.3.21", remote_port: 8805, weight: 100}
      ],
      pco: %{
        primary_dns_server_address: "192.168.1.10",
        secondary_dns_server_address: "192.168.1.11",
        ipv4_link_mtu_size: 1500
      }
    }
  ],
},

```



```

# Regla 3: Suscriptores en Roaming - Prioridad Media
%{
  name: "Suscriptores en Roaming",
  priority: 10,
  match_field: :serving_network_plmn_id,
  match_regex: "^(310|311|312|313)", # Redes de EE. UU.
  upf_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.100.4.21", remote_port: 8805, weight: 100}
  ]
},

# Regla 4: Tráfico de Internet - Menor Prioridad
%{
  name: "Tráfico de Internet",
  priority: 5,
  match_field: :apn,
  match_regex: "^internet",
  upf_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.100.1.21", remote_port: 8805, weight: 33},
    %{remote_ip_address: "10.100.1.22", remote_port: 8805, weight: 33},
    %{remote_ip_address: "10.100.1.23", remote_port: 8805, weight: 34}
  ]
}
],

# =====
# Grupo de Respaldo (Último Recurso)
# =====
# Utilizado cuando no coinciden reglas y la selección DNS falla o está
deshabilitada
  fallback_pool: [
    %{remote_ip_address: "127.0.0.21", remote_port: 8805, weight: 100}
  ]
}

```

Campos de Coincidencia Soportados

Campo de Coincidencia	Descripción	Valor de Ejemplo
:imsi	Identidad Internacional del Suscriptor Móvil	"310260123456789"
:apn	Nombre del Punto de Acceso	"internet", "ims"
:serving_network_plmn_id	PLMN de la red de servicio (MCC+MNC)	"310260" (operador de EE. UU.)
:sgw_ip_address	Dirección IP de SGW (formato de cadena)	"10.0.1.50"
:uli_tai_plmn_id	ID de PLMN del Área de Seguimiento	"310260"
:uli_ecgi_plmn_id	ID de PLMN de la Celda E-UTRAN	"310260"

Grupo UPF y Balanceo de Carga

Cada regla puede especificar un **grupo UPF** con selección aleatoria ponderada:

```

upf_pool: [
  %{remote_ip_address: "10.100.1.21", remote_port: 8805, weight: 50},
  %{remote_ip_address: "10.100.1.22", remote_port: 8805, weight: 30},

```

```
%{remote_ip_address: "10.100.1.23", remote_port: 8805, weight: 20}
]
```

Cómo Funciona la Selección Ponderada:

1. Calcular peso total: $50 + 30 + 20 = 100$
2. Generar número aleatorio: 0.0 a 100.0
3. Seleccionar UPF según rangos de peso acumulativo:
 - 0-50: UPF-1 (50% de probabilidad)
 - 50-80: UPF-2 (30% de probabilidad)
 - 80-100: UPF-3 (20% de probabilidad)

Casos de Uso:

- **Distribución equitativa:** Todos los pesos iguales (33, 33, 34)
- **Primario/respaldo:** Peso alto primario (80), peso bajo respaldo (20)
- **Basado en capacidad:** Peso proporcional a la capacidad del UPF

Sobrescrituras de PCO

Las reglas pueden sobrescribir valores de PCO (Opciones de Configuración de Protocolo):

```
%{
  name: "Tráfico IMS",
  match_field: :apn,
  match_regex: "^ims",
  upf_pool: [...],
  pco: %{
    # Sobrescribir solo campos específicos
    p_cscf_ipv4_address_list: ["10.101.2.100", "10.101.2.101"],
    # Otros campos utilizan los valores predeterminados de la configuración
    principal de pco
  }
}
```

Campos de Sobrescritura de PCO Disponibles:

- primary_dns_server_address
- secondary_dns_server_address
- primary_nbns_server_address
- secondary_nbns_server_address
- p_cscf_ipv4_address_list
- ipv4_link_mtu_size

Selección Basada en DNS

Cuando está habilitada, PGW-C realiza consultas DNS NAPTR basadas en la Información de Ubicación del Usuario:

```
upf_selection: %{
  dns_enabled: true,
  dns_query_priority: [:ecgi, :tai, :rai, :sai, :cgi],
  dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",
  dns_timeout_ms: 5000
}
```

Prioridad de Consulta:

1. **ECGI** (Identificador Global de Celda E-UTRAN) - Más específico
2. **TAI** (Identidad del Área de Seguimiento) - Área de celda
3. **RAI** (Identidad del Área de Enrutamiento) - Área 3G/2G
4. **SAI** (Identidad del Área de Servicio) - Área de servicio 3G
5. **CGI** (Identidad Global de Celda) - Celda 2G

Ejemplo de Consulta DNS:

```
# Para consulta ECGI:  
eci-1a2b3c.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

```
# Para consulta TAI:  
tac-lb64.tac-hb00.tac.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

Proceso de Selección DNS:

1. Intentar consultas en orden de prioridad (ECGI primero, luego TAI, etc.)
2. Si DNS devuelve candidatos, usar el primer resultado (registrado dinámicamente si es necesario)
3. Seleccionar el UPF devuelto
4. Si no hay coincidencia DNS o DNS deshabilitado, caer en el grupo de respaldo

Ver [Selección de UPF basada en DNS](#) para información detallada.

Selección de UPF basada en DNS

Descripción General

La selección de UPF basada en DNS proporciona **enrutamiento consciente de la ubicación** al realizar consultas DNS NAPTR utilizando la Información de Ubicación del Usuario (ULI) de la celda actual del UE.

Referencia 3GPP: TS 23.003 - Procedimientos DNS para el descubrimiento de UPF

Beneficios:

- Selección automática de UPF basada en la ubicación geográfica
- Sin configuración manual de reglas por celda
- Adaptación dinámica a cambios en la topología de la red
- Reduce el backhaul al enrutarse al UPF más cercano

Cómo Funciona

Configuración

```
config :pgw_c,  
  upf_selection: %{  
    # Habilitar selección basada en DNS  
    dns_enabled: true,  
  
    # Prioridad de consulta: intentar ECGI primero, luego TAI, luego RAI, etc.  
    dns_query_priority: [:ecgi, :tai, :rai, :sai, :cgi],
```

```

# Sufijo DNS para consultas
dns_suffix: "epc.3gppnetwork.org",

# Tiempo de espera de consulta DNS
dns_timeout_ms: 5000,

# Las reglas estáticas aún tienen prioridad sobre DNS
rules: [...],

# Respaldo si DNS falla
fallback_pool: [...]
}

```

Formatos de Consulta DNS

Las consultas DNS se construyen utilizando la Información de Ubicación del Usuario (ULI) del mensaje GTP-C:

1. ECGI (Identificador Global de Celda E-UTRAN)

Más específico - Enrutamiento a nivel de celda LTE

Formato:

```
eci-<HEX-ECI>.ecgi.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.<dns_suffix>
```

Ejemplo:

```

# ID de Celda: 0x1A2B3C (1,715,004 decimal)
# PLMN: MCC=999, MNC=999
eci-1a2b3c.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org

```

Cuándo se Usa: Redes LTE (4G)

2. TAI (Identidad del Área de Seguimiento)

Área de celda - Múltiples celdas en la misma área de seguimiento

Formato:

```
tac-lb<LB>.tac-hb<HB>.tac.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.<dns_suffix>
```

Ejemplo:

```

# TAC: 0x0064 (100 decimal)
# Byte bajo: 0x64, Byte alto: 0x00
tac-lb64.tac-hb00.tac.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org

```

Cuándo se Usa: Áreas de seguimiento LTE (4G)

3. RAI (Identidad del Área de Enrutamiento)

Área de enrutamiento 3G/2G

Formato:

```
rac<RAC>.lac-lb<LB>.lac-hb<HB>.lac.raai.mnc<MNC>.mcc<MCC>.<dns_suffix>
```

Ejemplo:

```
# RAC: 0x0A (10 decimal)
# LAC: 0x1234 (4660 decimal)
rac0a.lac-lb34.lac-hb12.lac.raai.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

Cuándo se Usa: Redes UMTS/GPRS 3G/2G

4. SAI (Identidad del Área de Servicio)

Área de servicio 3G

Formato:

```
sac<SAC>.lac-lb<LB>.lac-hb<HB>.lac.sai.mnc<MNC>.mcc<MCC>.<dns_suffix>
```

Ejemplo:

```
# SAC: 0x0001
# LAC: 0x1234
sac0001.lac-lb34.lac-hb12.lac.sai.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

Cuándo se Usa: Áreas de servicio UMTS 3G

5. CGI (Identidad Global de Celda)

Nivel de celda 2G

Formato:

```
ci<CI>.lac-lb<LB>.lac-hb<HB>.lac.cgi.mnc<MNC>.mcc<MCC>.<dns_suffix>
```

Ejemplo:

```
# CI: 0x5678
# LAC: 0x1234
ci5678.lac-lb34.lac-hb12.lac.cgi.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org
```

Cuándo se Usa: Celdas GSM 2G

Procesamiento de Respuestas DNS

Formato de Registro NAPTR:

DNS devuelve registros NAPTR que apuntan a direcciones IP de UPF:

```
eci-1a2b3c.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org.
  IN NAPTR 10 50 "a" "x-3gpp-upf:x-s5-gtp:x-s8-gtp" ""
upf1.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org.

upf1.epc.mnc999.mcc999.3gppnetwork.org.
  IN A 10.100.1.21
```

Procesamiento de PGW-C:

1. Analizar registros NAPTR para extraer direcciones IP de UPF
2. Seleccionar el primer candidato de la respuesta DNS
3. Registrar dinámicamente si no está configurado (o implementar selección basada en carga)

Ejemplo:

DNS devuelve: [10.100.1.21, 10.100.5.99]

Seleccionado: 10.100.1.21 (primer candidato)

Acción: Registrar dinámicamente si no está en upf_selection

Ejemplo de Prioridad de Selección

Casos de Uso

1. Balanceo de Carga Geográfico

Escenario: El operador tiene UPFs en múltiples ciudades

Configuración DNS:

```
# Celda de Chicago
eci-aaa.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org → UPF-Chicago (10.1.1.21)

# Celda de Nueva York
eci-bbb.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org → UPF-NewYork (10.2.1.21)

# Celda de Los Ángeles
eci-ccc.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org → UPF-LosAngeles (10.3.1.21)
```

Beneficio: Los usuarios se enrutan automáticamente al UPF más cercano, reduciendo la latencia y el backhaul

2. Computación en el Borde

Escenario: UPFs de MEC (Computación de Acceso Múltiple) desplegados en sitios de celdas

Configuración DNS:

```
# Cada celda apunta a un UPF de borde local
eci-*.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org → UPF de Borde Local
```

Beneficio: Latencia ultra-baja para aplicaciones de borde

3. Topología de Red Dinámica

Escenario: Las direcciones de UPF cambian debido a actualizaciones o mantenimiento

Beneficio: Actualizar los registros DNS sin cambiar la configuración de PGW-C

Solución de Problemas de Selección DNS

Fallos en Consultas DNS

Síntomas:

- Registro: "La selección de UPF DNS falló: :nxdomain"
- Las sesiones caen en el grupo de respaldo

Causas Posibles:

1. Servidor DNS no configurado correctamente
2. Zona DNS no poblada para IDs de celda
3. ULI no presente en el mensaje GTP-C

Resolución:

```
# Probar consulta DNS manualmente
dig eci-1a2b3c.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org NAPTR

# Comprobar registros de PGW-C para consultas DNS
grep "DNS UPF selection: querying" /var/log/pgw_c.log

# Verificar que ULI esté presente en la sesión
# Comprobar el campo "uli" en el estado de la sesión
```

DNS Devuelve UPF Desconocido

Comportamiento:

- DNS devuelve un UPF candidato que no está en `upf_selection`
- El sistema intenta automáticamente el registro dinámico
- Si la asociación PFCP tiene éxito, se utiliza el UPF para la sesión
- Si la asociación PFCP falla, cae en el grupo de respaldo

Ejemplo:

```
DNS devuelve: [10.99.1.50]
upf_selection: [10.100.1.21, 10.100.1.22]
```

```
Acción: Registrar dinámicamente 10.99.1.50
- Enviar Configuración de Asociación PFCP
- Si tiene éxito: Usar para la sesión
- Si se agota el tiempo: Caer en el grupo de respaldo
```

Opciones de Resolución:

1. Preconfigurar en `upf_selection` para monitoreo inmediato:

```
upf_selection: %{
  fallback_pool: [
    %{remote_ip_address: "10.99.1.50", remote_port: 8805, weight: 100}
  ]
}
```

2. Actualizar DNS para devolver las IPs de UPF preconfiguradas

3. Permitir registro dinámico (recomendado para escenarios de MEC/borde)

Tiempo de Espera de Consulta

Síntomas:

- Registro: "Selección de UPF DNS: tiempo de espera de consulta"
- Las sesiones tardan más en establecerse

Resolución:

```
upf_selection: %{\n  dns_timeout_ms: 10000 # Aumentar el tiempo de espera a 10 segundos\n}
```

Monitoreo de Selección DNS

Métricas:

```
# Tasa de éxito de consultas DNS\nrate(upf_selection_dns_success_total[5m]) /\nrate(upf_selection_dns_attempts_total[5m])\n\n# Latencia de consultas DNS\nhistogram_quantile(0.95, rate(upf_selection_dns_duration_seconds_bucket[5m]))\n\n# Uso de respaldo (indica problemas de DNS)\nrate(upf_selection_fallback_used_total[5m])
```

Registros:

```
[debug] DNS UPF selection: querying\neci-1a2b3c.ecgi.epc.mnc999.mcc999.epc.3gppnetwork.org\n[debug] DNS UPF selection: got 2 candidates from DNS\n[info] DNS UPF selection: selected 10.100.1.21
```

Flujos de Mensajes

Flujo Completo de Establecimiento de Sesión

Flujo de Modificación de Sesión

Recuperación de Fallos de Latido

Solución de Problemas

Problemas Comunes

1. Fallos en la Configuración de Asociación

Síntomas:

- Mensaje de registro: "La configuración de asociación PFCP falló"
- Sin respuesta a la solicitud de configuración de asociación

Causas Posibles:

- PGW-U no es accesible (problema de red)
- PGW-U no está en ejecución
- Firewall bloqueando el puerto UDP 8805
- Dirección remote_ip_address incorrecta en la configuración

Resolución:

```
# Probar conectividad
ping <pgw_u_ip_address>

# Probar puerto UDP
nc -u -v <pgw_u_ip_address> 8805

# Comprobar firewall
iptables -L -n | grep 8805
```

2. Fallos en los Latidos

Síntomas:

- Registro: "Fallos consecutivos de latido: 3"
- Asociación marcada como caída

Causas Posibles:

- Latencia de red o pérdida de paquetes
- PGW-U sobrecargado
- Intervalo de latido demasiado agresivo

Resolución:

```
# Nota: El período de latido está fijado en 5 segundos
# Para reducir la carga de la red, ajustar el umbral de fallo en el código:
# lib/core/pfcp_node/impl/peer.ex - función is_peer_healthy?/1
# Cambiar: state.missed_heartbeats_consecutive < 3
# A:      state.missed_heartbeats_consecutive < 5 (más tolerante)
```

3. Fallos en el Establecimiento de Sesiones

Síntomas:

- Respuesta de Crear Sesión con causa de error
- Registro: "El establecimiento de sesión PFCP falló"

Causas Posibles:

- No hay pares PGW-U disponibles
- Agotamiento de recursos de PGW-U
- Configuración de regla inválida

Comprobar:

1. Verificar que al menos un par tenga `is_associated = true`
2. Comprobar registros de PGW-U para errores
3. Verificar unicidad de SEID

4. Errores de SEID Duplicados

Síntomas:

- Respuesta de Establecimiento de Sesión: Causa "Contexto de sesión no encontrado"

Causa:

- Colisión de SEID (muy rara)
- Reinicio de PGW-U sin conocimiento de PGW-C

Resolución:

- Reiniciar la asociación PFCP (dispara una nueva marca de tiempo de recuperación)
- PGW-C detectará el reinicio de PGW-U y limpiará sesiones antiguas

Monitoreo de la Salud de PFCP

Métricas a Monitorear:

```
# Estado de asociación del par PFCP
pfcpeer_associated{peer="PGW-U Primario"} 1

# Sesiones PFCP activas
seid_registry_count 150

# Tasas de mensajes PFCP
rate(sxb_inbound_messages_total[5m])

# Errores PFCP
rate(sxb_inbound_errors_total[5m])

# Fallos de latido
pfcpeer_consecutive_heartbeat_failures{peer="PGW-U Primario"} 0
```

Ejemplos de Alertas:

```
# Alerta sobre asociación caída
- alert: PFCPAssociationDown
  expr: pfcpeer_associated == 0
  for: 1m
  annotations:
    summary: "El par PFCP {{ $labels.peer }} está caído"

# Alerta sobre altas tasas de fallos en el establecimiento de sesiones
- alert: PFCPSessionEstablishmentFailureHigh
  expr:
    rate(sxb_inbound_errors_total{message_type="session_establishment_response"}[5m])
    > 0.1
  for: 5m
  annotations:
    summary: "Alta tasa de fallos en el establecimiento de sesiones PFCP"
```

Interfaz Web - Monitoreo PFCP

OmniPGW proporciona dos páginas de interfaz web para monitorear las operaciones PFCP/Sxb en tiempo real.

Página de Estado de UPF/Pares PFCP

Acceso: http://<omnipgw-ip>:<web-port>/upf_status

Propósito: Monitorear el estado de asociación PFCP con todos los pares PGW-U configurados

Características:

1. Resumen del Estado del Par

- **Conteo Asociado** - Número de pares con asociación PFCP activa
- **Conteo No Asociado** - Número de pares caídos o no conectados
- Se actualiza automáticamente cada 2 segundos

2. Información por Par Para cada par PGW-U configurado:

- **Nombre del Par** - Nombre amigable de la configuración
- **Dirección IP** - IP remota de PGW-U
- **Estado de Asociación** - Asociado (verde) o No Asociado (rojo)
- **ID de Nodo** - Identificador de Nodo PFCP
- **Marca de Tiempo de Recuperación** - Última hora de reinicio del par
- **Período de Latido** - Intervalo de latido configurado
- **Conteo de Latidos Perdidos Consecutivos** - Conteo actual de fallos
- **Características de la Función UP** - Capacidades publicitadas por PGW-U

3. Detalles Expandibles Haga clic en cualquier par para ver:

- Configuración completa del par
- Bitmap de características de función UP
- Marcas de tiempo de asociación
- Estado completo del par

Página de Sesiones PFCP

Acceso: http://<omnipgw-ip>:<web-port>/pfc_sessions

Propósito: Ver sesiones PFCP activas entre OmniPGW y PGW-U

Características:

1. Conteo de Sesiones Activas

- Número total de sesiones PFCP activas
- Se actualiza en tiempo real

2. Información de Sesión Para cada sesión PFCP:

- **Clave de Sesión** - Clave de registro interna
- **ID de Proceso** - Identificador de proceso de sesión

- **IMSI** - Suscriptor asociado (si está disponible)
- **Estado** - Estado de la sesión

3. Estado Completo de la Sesión Vista expandible que muestra:

- Contexto completo de la sesión PFCP
- PDRs, FARs, QERs, BARs (reglas de reenvío)
- F-SEIDs (identificadores de punto final de sesión)
- Asociación de par PGW-U

Casos de Uso Operativos

Monitorear la Salud de la Asociación PFCP:

1. Abrir la página de Estado de UPF
2. Verificar que todos los pares muestren "Asociado"
3. Comprobar que el conteo de latidos perdidos = 0
4. Si un par muestra "No Asociado":
 - Comprobar la conectividad IP del par
 - Verificar que el par esté en ejecución
 - Comprobar el firewall (UDP 8805)

Solucionar Fallos en el Establecimiento de Sesiones:

1. La sesión de usuario no se establece
2. Comprobar la página de Sesiones de PGW - ¿existe la sesión?
3. Comprobar la página de Sesiones PFCP - ¿se creó la sesión PFCP?
4. Si no hay sesión PFCP:
 - Comprobar Estado de UPF - ¿hay algún par asociado?
 - Comprobar registros para errores PFCP
5. Si existe la sesión PFCP:
 - Inspeccionar PDRs/FARs para verificar reglas programadas
 - El problema es probablemente aguas abajo (PGW-U o red)

Verificar Distribución de Carga de Pares:

1. Con múltiples pares PGW-U configurados
2. Comprobar la página de Sesiones PFCP
3. Verificar que las sesiones estén distribuidas entre los pares
4. Identificar si un par tiene una carga desproporcionada

Detectar Fallos en Pares:

- Una rápida mirada a la página de Estado de UPF
- Insignia roja "No Asociado" visible de inmediato
- El contador de latidos perdidos muestra degradación antes de la falla total
- Configurar alertas de monitoreo basadas en datos de la interfaz web

Ventajas:

- **Monitoreo en tiempo real** - Sin necesidad de consultar métricas o SSH
- **Estado visual** - Código de colores asociado/no asociado
- **Tendencias de salud del par** - Conteo de latidos perdidos muestra advertencia temprana
- **Inspección a nivel de sesión** - Ver exactamente PDRs/FARs/QERs programados
- **Sin herramientas requeridas** - Solo un navegador web

Documentación Relacionada

Configuración

- [Guía de Configuración](#) - Selección de UPF, monitoreo de salud, configuración de PFCP
- [Gestión de Sesiones](#) - Ciclo de vida de la sesión PDN, establecimiento de bearers
- [QoS y Gestión de Bearers](#) - Configuración detallada de QoS, programación de QER

Carga y Monitoreo

- [Interfaz Diameter Gx](#) - Reglas PCC que impulsan la aplicación de QoS PFCP
- [Interfaz Diameter Gy](#) - Gestión de cuotas de carga en línea a través de URRs
- [Formato de CDR de Datos](#) - Generación de CDR a partir de informes de uso de PFCP
- [Guía de Monitoreo](#) - Métricas PFCP, seguimiento de sesiones, alertas de salud de UPF

Interfaces de Red

- [Interfaz S5/S8](#) - Gestión de bearers del plano de control
- [Asignación de IP de UE](#) - Asignación de direcciones UE a través de PFCP

[Volver a la Guía de Operaciones](#)



Documentación de la Interfaz S5/S8

Comunicación GTP-C con SGW-C

OmniPGW de Omnitouch Network Services

Visión General

La **interfaz S5/S8** conecta OmniPGW con el SGW-C (plano de control de la puerta de enlace de servicio) utilizando el protocolo **GTP-C v2** (Protocolo de Túnel GPRS - Plano de Control). Esta interfaz maneja la señalización de gestión de sesiones entre las puertas de enlace.

Detalles del Protocolo

GTP-C Versión 2

- **Protocolo:** GTP-C v2 (3GPP TS 29.274)
- **Transporte:** UDP
- **Puerto:** 2123 (estándar)
- **Tipo de Interfaz:** Plano de Control

TEID (Identificador de Punto Final de Túnel)

Cada sesión tiene un **TEID** único para enrutar mensajes:

- **TEID Local** - Asignado por OmniPGW para mensajes entrantes
- **TEID Remoto** - Asignado por SGW-C para mensajes salientes

Flujo de Mensajes:

SGW-C → OmniPGW: TEID de destino = TEID local de OmniPGW
OmniPGW → SGW-C: TEID de destino = TEID remoto de SGW-C

Configuración

Configuración Básica

```
# config/runtime.exs
config :pgw_c,
  s5s8: %{
    # Dirección IPv4 local para la interfaz S5/S8
    local_ipv4_address: "10.0.0.20",

    # Opcional: Dirección IPv6 local
    local_ipv6_address: nil,

    # Opcional: Sobrescribir puerto por defecto
    local_port: 2123
  }
```

Requisitos de Red

Reglas de Firewall:

```
# Permitir GTP-C desde la red SGW-C
iptables -A INPUT -p udp --dport 2123 -s <sgw_network>/24 -j ACCEPT
```

```
# Permitir GTP-C saliente a SGW-C
iptables -A OUTPUT -p udp --dport 2123 -d <sgw_network>/24 -j ACCEPT
```

Enrutamiento:

```
# Asegurar ruta a la red SGW-C
ip route add <sgw_network>/24 via <gateway_ip> dev eth0
```

Tipos de Mensajes

La interfaz S5/S8 maneja la señalización GTP-C para la gestión de sesiones PDN. Para un ciclo de vida de sesión detallado y gestión de estados, consulte la [Guía de Gestión de Sesiones](#).

Gestión de Sesiones

Solicitud de Creación de Sesión

Dirección: SGW-C → OmniPGW

Propósito: Establecer una nueva conexión PDN

IEs Clave (Elementos de Información):

Nombre IE	Tipo	Descripción
IMSI	Identidad	Identidad Internacional de Suscriptor Móvil
MSISDN	Identidad	Número de teléfono móvil
APN	Cadena	Nombre del Punto de Acceso (por ejemplo, "internet")
Tipo de RAT	Enum	Tecnología de Acceso Radio (EUTRAN)
Contexto de Portadora	Agrupado	Información de la portadora por defecto
Zona Horaria del UE	Marca de Tiempo	Zona horaria del UE
ULI	Agrupado	Información de Localización del Usuario (TAI, ECGI)
Red de Servicio	PLMN	MCC/MNC de la red de servicio

Ejemplo:

```
Solicitud de Creación de Sesión
├── IMSI: 310260123456789
├── MSISDN: 14155551234
├── APN: internet
├── Tipo de RAT: EUTRAN (6)
├── Contexto de Portadora
│   ├── EBI: 5
│   ├── QoS de Portadora (QCI 9, ARP, tasas de bits)
│   └── S5/S8 F-TEID (punto final de túnel SGW-U)
├── ULI
│   ├── TAI: MCC 310, MNC 260, TAC 12345
│   └── ECGI: MCC 310, MNC 260, ECI 67890
```

Respuesta de Creación de Sesión

Dirección: OmniPGW → SGW-C

Propósito: Reconocer la creación de la sesión

IEs Clave:

Nombre IE	Tipo	Descripción
Causa	Resultado	Código de éxito o error
Contexto de Portadora	Agrupado	Información de la portadora
Asignación de Dirección PDN	IP	Dirección IP asignada al UE (ver Asignación de IP de UE)
Restricción de APN	Enum	Restricciones de uso de APN

Nombre IE	Tipo	Descripción
PCO	Opciones	Opciones de Configuración de Protocolo (ver Configuración de PCO)

Respuesta de Éxito:

```

Respuesta de Creación de Sesión
├── Causa: Solicitud aceptada (16)
├── Asignación de Dirección PDN
│   └── IPv4: 100.64.1.42
├── Contexto de Portadora
│   ├── EBI: 5
│   ├── Causa: Solicitud aceptada
│   └── S5/S8 F-TEID (punto final de túnel PGW-U desde PFCP)
├── Restricción de APN: Público-1 (1)
└── PCO
    ├── Servidor DNS: 8.8.8.8
    ├── Servidor DNS: 8.8.4.4
    └── MTU de Enlace: 1400

```

Solicitud de Eliminación de Sesión

Dirección: SGW-C → OmniPGW

Propósito: Terminar conexión PDN

IEs Clave:

Nombre IE	Descripción
EBI	ID de Portadora EPS a eliminar
EBI Vinculado	Portadora relacionada (opcional)

Respuesta de Eliminación de Sesión

Dirección: OmniPGW → SGW-C

Propósito: Reconocer la eliminación de la sesión

IEs Clave:

Nombre IE	Descripción
Causa	Código de éxito o error

Gestión de Portadoras

Solicitud de Creación de Portadora

Dirección: OmniPGW → SGW-C

Propósito: Crear portadora dedicada (iniciada por política PCRF)

Desencadenado por:

- PCRF envía nueva regla PCC que requiere portadora dedicada
- OmniPGW solicita a SGW-C establecer la portadora

Solicitud de Eliminación de Portadora

Dirección: OmniPGW → SGW-C o SGW-C → OmniPGW

Propósito: Eliminar portadora dedicada

Escenarios:

- **Iniciada por PGW:** Cambio de política PCRF elimina portadora dedicada
- **Iniciada por SGW:** Liberación de recursos de radio

Flujos de Mensajes

Establecimiento de Sesión

Terminación de Sesión

Códigos de Causa

Éxito

Código	Nombre	Descripción
16	Solicitud aceptada	Operación exitosa

Errores (Fallos Permanentes)

Código	Nombre	Cuándo se Usa
65	Usuario Desconocido	PCRF rechazó (IMSI no encontrado)
66	No hay recursos disponibles	Grupo de IP agotado
93	Servicio no soportado	APN inválido
94	Error semántico en TFT	Plantilla de flujo de tráfico inválida

Errores (Fallos Transitorios)

Código	Nombre	Cuándo se Usa
72	Par remoto no responde	Tiempo de espera de PCRF/PGW-U
73	Colisión con solicitud iniciada por la red	Operaciones simultáneas

Monitoreo

Métricas S5/S8

```
# Contadores de mensajes
s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}
s5s8_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request"}

# Contadores de errores
s5s8_inbound_errors_total

# Latencia de manejo de mensajes
s5s8_inbound_handling_duration_bucket

# TEIDs activos
teid_registry_count
```

Consultas Útiles

Tasa de Creación de Sesiones:

```
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}[5m])
```

Tasa de Errores:

```
rate(s5s8_inbound_errors_total[5m])
```

Latencia (p95):

```
histogram_quantile(0.95,  
rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket{request_message_type="create_session_request"}[5m])  
)
```

Solución de Problemas

Problema: Sin Respuesta de OmniPGW

Síntomas:

- SGW-C envía Solicitud de Creación de Sesión
- No se recibe respuesta
- Tiempo de espera en SGW-C

Causas:

1. Problema de conectividad de red
2. OmniPGW no está escuchando en la IP configurada
3. Firewall bloqueando UDP 2123
4. TEID incorrecto en la solicitud

Depuración:

```
# Verificar que OmniPGW está escuchando  
netstat -ulnp | grep 2123  
  
# Verificar paquetes entrantes  
tcpdump -i any -n port 2123  
  
# Verificar configuración  
grep "local_ipv4_address" config/runtime.exs  
  
# Verificar firewall  
iptables -L -n | grep 2123
```

Problema: Fallo en la Creación de Sesión

Síntomas:

- Respuesta de Creación de Sesión con causa de error
- Sesión no establecida

Causas Comunes:

```
Causa 65 (Usuario Desconocido):  
→ PCRF rechazó al suscriptor  
→ Verificar IMSI en HSS/SPR  
  
Causa 66 (No hay recursos):  
→ Grupo de IP agotado  
→ Verificar: curl http://pgw:9090/metrics | grep address_registry_count  
→ Ampliar grupo de IP  
  
Causa 72 (Par remoto no responde):  
→ Tiempo de espera de PCRF o PGW-U caído  
→ Verificar conectividad Gx  
→ Verificar asociación PFCP
```

Problema: Colisión de TEID

Síntomas:

- Mensaje enrutado a la sesión incorrecta
- Comportamiento inesperado

Causa:

- TEID reutilizado antes de la limpieza
- Error en la asignación de TEID

Resolución:

- Asegurar asignación única de TEID
 - Verificar registro de TEID en busca de fugas
-

Mejores Prácticas

Diseño de Red

1. Interfaz de Red Dedicada

- Usar VLAN separada para S5/S8
- Aislar del tráfico de gestión

2. Optimización de MTU

- Asegurar que MTU soporte encabezados GTP
- MTU mínima: 1500 bytes (1464 carga útil + 36 GTP)

3. Redundancia

- Múltiples instancias de OmniPGW
- Balanceo de carga basado en DNS desde SGW-C

Rendimiento

1. Tamaños de Búfer UDP

- Aumentar búferes de socket para alta carga
- Típico: 4-8 MB por socket

2. Límites de Conexión

- Planificar para el número de sesiones esperadas
- Monitorear el conteo del registro de TEID

Seguridad

1. Filtrado de IP

- Permitir solo GTP-C desde IPs SGW-C conocidas
- Usar iptables o ACLs de red

2. Validación de Mensajes

- OmniPGW valida todos los mensajes entrantes
 - Rechaza paquetes GTP-C malformados
-

Documentación Relacionada

Funciones Básicas

- [Guía de Configuración](#) - Configuración de la interfaz S5/S8, configuración de IP local
- [Gestión de Sesiones](#) - Ciclo de vida de la sesión PDN, establecimiento de portadoras

- [Asignación de IP de UE](#) - Entrega de dirección IP a través de Respuesta de Creación de Sesión
- [Configuración de PCO](#) - Parámetros de PCO en mensajes GTP-C

Interfaces Relacionadas

- [Interfaz PFCP](#) - Coordinación del plano de usuario con el plano de control S5/S8
- [Interfaz Diameter Gx](#) - Integración de políticas con el establecimiento de portadoras
- [Interfaz Diameter Gy](#) - Integración de cobro con la gestión de portadoras

Operaciones

- [Guía de Monitoreo](#) - Métricas GTP-C S5/S8, seguimiento de mensajes
- [Formato de CDR de Datos](#) - Generación de CDR a partir de sesiones GTP-C

[Volver a la Guía de Operaciones](#)

Interfaz S5/S8 de OmniPGW - *por Omnitouch Network Services*



Guía de Gestión de Sesiones

Ciclo de Vida y Operaciones de Conexión PDN

OmniPGW de Omnitouch Network Services

Descripción General

Una **Sesión PDN (Packet Data Network)** representa la conexión de datos de un UE a través de OmniPGW. Cada sesión coordina múltiples interfaces y recursos para habilitar la conectividad de datos.

Componentes de la Sesión

Identificadores de Sesión

Cada sesión tiene múltiples identificadores para diferentes interfaces:

Identificador	Interfaz	Propósito
TEID	S5/S8 (GTP-C) ID de Punto de Túnel para comunicación SGW-C	
SEID	Sxb (PFCP) ID de Punto de Sesión para comunicación PGW-U	
Session-ID	Gx (Diameter) Sesión Diameter para comunicación PCRF	
Charging-ID	Contabilidad ID único para facturación/cobro	

Datos de la Sesión

Creación de Sesiones

Flujo de Llamada

Pasos

1. Recibir Solicitud de Creación de Sesión (S5/S8)

La creación de la sesión se inicia a través de la señalización GTP-C en la interfaz S5/S8. Consulte [Interfaz S5/S8](#) para obtener detalles completos del protocolo GTP-C y formatos de mensajes.

Entrada:

- IMSI, MSISDN, IMEI
- APN (por ejemplo, "internet")
- Tipo de RAT (EUTRAN)
- Ubicación del UE (TAI, ECGI)
- Contexto de Bearer (QoS, F-TEID)

2. Asignación de Recursos

- Asignar IP UE del grupo de APN
- Generar ID de Carga
- Generar Gx Session-ID
- Asignar S5/S8 TEID
- Seleccionar par PGW-U

3. Solicitud de Política (Gx)

Solicitar política al PCRF:

- Enviar CCR-Initial
- Recibir CCA-Initial con QoS y reglas PCC

4. Configuración del Plano de Usuario (PFCP)

Programar PGW-U con reglas de reenvío:

- Enviar Solicitud de Establecimiento de Sesión
- Incluir PDRs, FARs, QERS, BAR
- Recibir F-TEID para túnel S5/S8

5. Respuesta a SGW-C

Enviar Respuesta de Creación de Sesión:

- Dirección IP del UE
- S5/S8 F-TEID (de PGW-U)
- PCO (DNS, P-CSCF, MTU)
- Contexto de Bearer

Modificación de Sesiones

Disparadores

Las sesiones pueden ser modificadas debido a:

- **Cambios en QoS** - Actualizaciones de PCRF en tasas de bits
- **Operaciones de Bearer** - Agregar/quitar bearers dedicados
- **Transferencia** - Cambio de SGW
- **Actualizaciones de Política** - Nuevas reglas PCC del PCRF

Flujo de Modificación de QoS

Eliminación de Sesiones

Flujo de Llamada

Proceso de Limpieza

Recursos Liberados:

1. Dirección IP del UE → de vuelta al grupo
2. TEID → eliminado del registro
3. SEID → eliminado del registro
4. Session-ID → eliminado del registro
5. Charging-ID → liberado
6. Proceso de sesión terminado

Registros de Facturación Generados:

- CDR final (Registro de Datos de Carga) escrito para facturación offline - Consulte [Formato de CDR de Datos](#)

Estado de la Sesión

Máquina de Estados

Seguimiento de Sesiones

Búsquedas en el Registro:

Por TEID (S5/S8):
TEID 0x12345678 → PID de Sesión

Por SEID (Sxb):
SEID 0xABCDEF → PID de Sesión

Por Session-ID (Gx):

"pgw.example.com;123;456" → PID de Sesión

Por IP del UE:
100.64.1.42 → PID de Sesión

Por IMSI + EBI:
"310260123456789" + EBI 5 → PID de Sesión

Monitoreo de Sesiones

Conteo de Sesiones Activas

Total de sesiones activas
teid_registry_count

Sesiones PFCP
seid_registry_count

Sesiones Gx
session_id_registry_count

Métricas de Sesiones

Tasa de creación de sesiones
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="create_session_request"}[5m])

Tasa de eliminación de sesiones
rate(s5s8_inbound_messages_total{message_type="delete_session_request"}[5m])

Latencia de creación de sesiones (p95)
histogram_quantile(0.95,
rate(s5s8_inbound_handling_duration_bucket{request_message_type="create_session_request"}[5m])
)

Problemas Comunes

Fallos en la Creación de Sesiones

Causas:

- 1. **Grupo de IP Agotado** - No hay IPs disponibles
- 2. **PCRF Inalcanzable** - Tiempo de espera Gx
- 3. **PGW-U Caído** - No hay par PFCP disponible
- 4. **Rechazo del PCRF** - Usuario desconocido, no autorizado

Depuración:

Verificar grupo de IP
curl http://pgw:9090/metrics | grep address_registry_count

Verificar conectividad con PCRF
Comprobar errores de Gx en los registros

Verificar asociación con PGW-U
Verificar estado del par PFCP

Sesión Atascada/Obsoleta

Síntomas:

- Sesión no eliminada correctamente
- Recursos no liberados
- Los registros muestran un conteo más alto de lo esperado

Causas:

- 1. Solicitud de Eliminación de Sesión no recibida
- 2. Proceso de sesión fallido sin limpieza
- 3. Fuga en el registro

Resolución:

Reiniciar OmniPGW (libera todas las sesiones)
Implementar mecanismo de tiempo de espera para sesiones obsoletas

UE No Puede Establecer Sesión

Síntomas:

- Fallo en la conexión del UE
- Respuesta de Creación de Sesión con causa de error

Causas y Respuestas Comunes:

Valor de Causa	Significado	Acción
Usuario Desconocido	PCRF rechazado (IMSI no en la base de datos)	Provisionar suscriptor
No Hay Recursos Disponibles	Grupo de IP agotado	Ampliar grupo de IP
Par Remoto No Responde	Tiempo de espera PCRF/PGW-U	Verificar conectividad
Servicio No Soportado	APN inválido	Configurar grupo de APN

Mejores Prácticas

Límites de Sesión

Configurar capacidad apropiada:

Usuarios concurrentes esperados: 10,000
Sobrecarga de sesión por usuario: ~10KB RAM
RAM total para sesiones: ~100MB

Configuraciones de Erlang VM:
- Máx. procesos: 262,144 (predeterminado)
- Tamaño del heap de procesos: Ajustar según la carga

Limpieza de Sesiones

Asegurar limpieza adecuada:

- 1. Siempre responder a Solicitudes de Eliminación de Sesiones
- 2. Implementar tiempo de espera para sesiones obsoletas
- 3. Monitorear conteos de registro para fugas

Alta Disponibilidad

Redundancia de Sesiones:

- Usar diseño sin estado (sesiones vinculadas a la instancia)
- Implementar base de datos de sesiones para HA (futuro)
- DNS/balancer de carga para conmutación por error

Elementos de Datos de Sesión

¿Qué Información Almacena una Sesión?

Cada sesión PDN activa mantiene la siguiente información:

Identificación del UE:

- IMSI: "310260123456789" (identidad del suscriptor)
- MSISDN: "14155551234" (número de teléfono)

- MEI/IMEI: Identificador del dispositivo

Detalles de la Conexión PDN:

- APN: "internet" (nombre de la red)
- Dirección IP del UE: 100.64.1.42 (IP asignada)
- Tipo de PDN: IPv4, IPv6 o IPv4v6

Identificadores de Sesión:

- ID de Carga: Identificador único de facturación
- EBI de Bearer por Defecto: Identificador de Bearer EPS (típicamente 5)

Parámetros de QoS:

- APN-AMBR: Tasa de Bits Máxima Agregada
 - Subida: 100 Mbps
 - Bajada: 50 Mbps

Reglas de Reenvío:

- PDRs (Reglas de Detección de Paquetes): Coincidir paquetes
- FARs (Reglas de Acción de Reenvío): Acciones de reenvío/drop
- QERs (Reglas de Aplicación de QoS): Limitación de tasa
- BAR (Regla de Acción de Buffering): Buffering de bajada

Contexto de Interfaz:

- Estado S5/S8: TEIDs locales/remotos, dirección SGW-C
- Estado Sxb: SEIDs locales/remotos, dirección PGW-U
- Estado Gx: Session-ID Diameter, contador de solicitudes

Interfaz Web - Monitoreo de Sesiones en Vivo

OmniPGW incluye una **Interfaz Web** en tiempo real para monitorear sesiones activas sin necesidad de consultar métricas o registros.

Búsqueda de UE y Profundización

Acceso: http://<omnipgw-ip>:<web-port>/ue_search

PGW-C v0.1.0

licensed to: Omnitouch
© 2025 Omnitouch

Resources

Configuration

Topology

UE Search

PGW

Sessions

Session History

IP Pools

Diameter

PCF Sessions

UPF Status

UPF Selection

P-CSCF Monitor

Gy Simulator

Logs

UE Search & Deep Dive

Search By

Enter IMSI

IMSI

e.g., 310170123456789

Search

Search for a UE

Enter an IMSI, MSISDN, or IP address to view detailed UE information

Propósito: Buscar sesiones específicas de UE y ver información detallada

Características:

1. Funcionalidad de Búsqueda Buscar sesiones por:

- **IMSI** (por ejemplo, "310170123456789")
- **MSISDN** (número de teléfono)
- **Dirección IP** (por ejemplo, "100.64.1.42")

2. Opciones de Búsqueda

- Selector desplegable para elegir tipo de búsqueda
- Búsqueda en tiempo real con resultados instantáneos
- Interfaz clara con sugerencias de búsqueda

3. Resultados de Profundización Una vez encontrado, muestra información completa de la sesión incluyendo:

- Detalles completos del suscriptor
- Todos los puntos de túnel e identificadores
- Información de QoS y bearer
- Estado completo de la sesión

Casos de Uso:

- Solucionar problemas específicos de suscriptores
- Verificar el establecimiento de la sesión
- Comprobar la dirección IP asignada
- Inspeccionar parámetros de la sesión

Página de Sesiones PGW

Acceso: http://<omnipgw-ip>:<web-port>/pgw_sessions

Propósito: Vista en tiempo real de todas las sesiones PDN activas

Características:

1. Resumen de Sesiones

- Conteo de sesiones en vivo (actualiza cada 2 segundos)
- Vista en cuadrícula de todas las sesiones activas
- No se necesita refrescar - actualizaciones automáticas

2. Información Rápida de la Sesión Visible para cada sesión:

- **IMSI** - Identidad del suscriptor

- **UE IP** - Dirección IP asignada
- **SGW TEID** - ID de túnel S5/S8 de SGW
- **PGW TEID** - ID de túnel S5/S8 de OmniPGW
- **APN** - Nombre del Punto de Acceso

3. Funcionalidad de Búsqueda Buscar sesiones por:

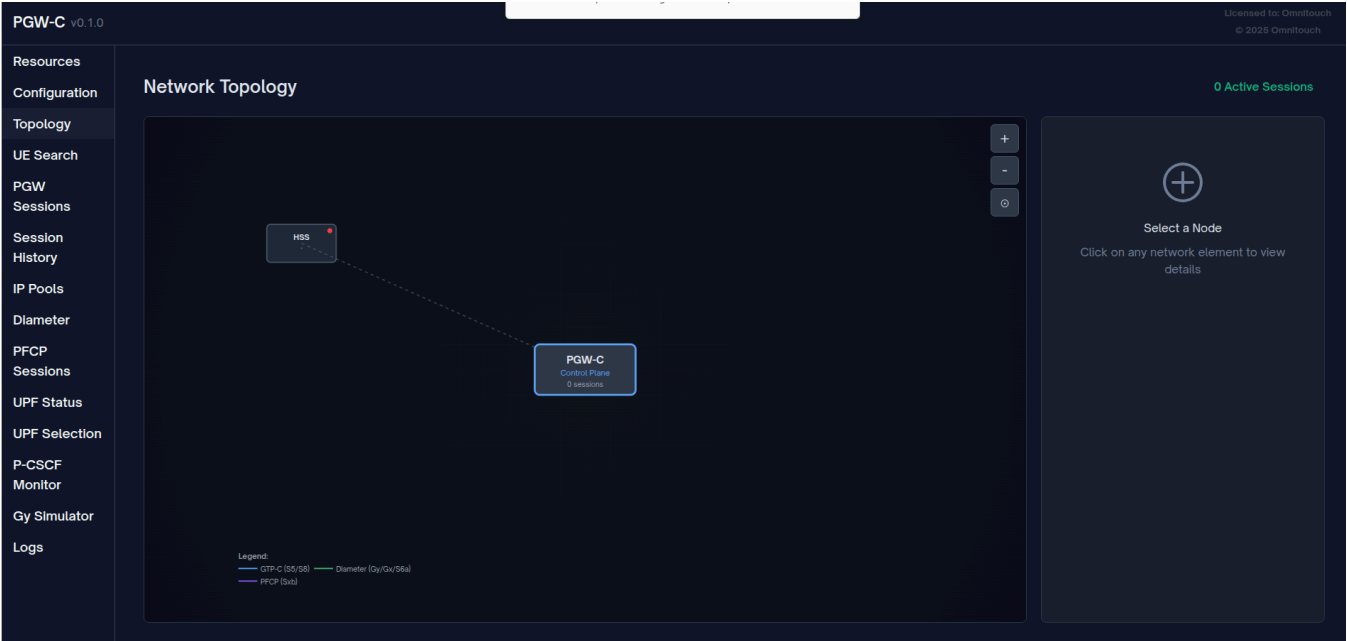
- IMSI (por ejemplo, "310260")
- Dirección IP del UE (por ejemplo, "100.64")
- MSISDN / número de teléfono
- Nombre de APN

4. Detalles Expandibles Haga clic en cualquier fila de sesión para ver detalles completos:

- Información completa del suscriptor (IMSI, MSISDN, IMEI)
- Contexto de red (tipo de RAT, red de servicio MCC/MNC)
- Parámetros de QoS (AMBR de subida/bajada en formato legible)
- Identificadores de túnel (ambos TEIDs en formato hexadecimal)
- ID de proceso para depuración
- Estado completo de la sesión (estructura de datos en bruto)

Vista de Topología de Red

Acceso: `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/topology`



Propósito: Representación visual de conexiones de red y sesiones activas

Características:

1. Visualización de Topología

- Gráfico visual de elementos de red
- Muestra el nodo PGW-C (Plano de Control)
- Pares HSS (Servidor de Suscriptores en el Hogar) conectados
- Visualización del conteo de sesiones activas

2. Elementos Interactivos

- Controles de zoom (+/-)
- Botón de centrar vista
- Haga clic en nodos para detalles
- Muestra estado de conexión (verde = activo, rojo = caído)

3. Conteo de Sesiones

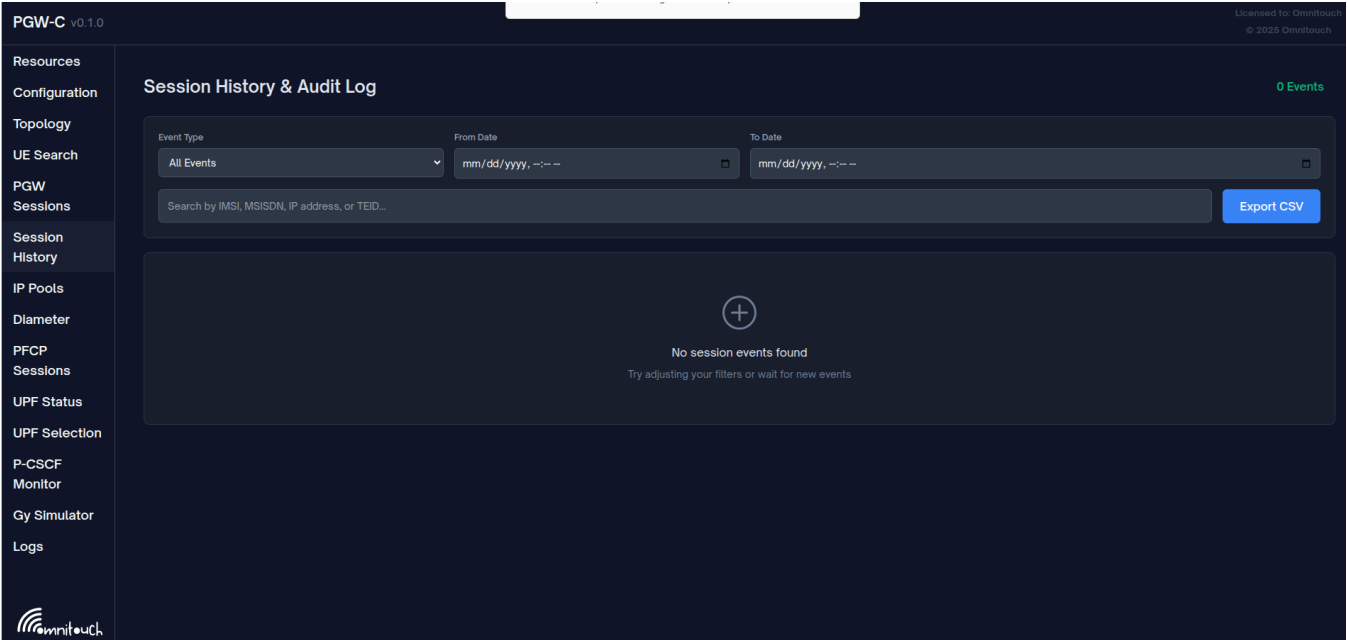
- Contador de sesiones activas en tiempo real
- Actualizaciones automáticas
- Indicación visual de carga

Casos de Uso:

- Comprender la arquitectura de la red de un vistazo
- Verificar conexiones de pares
- Monitorear cambios en la topología
- Verificación rápida de la salud de la red

Historial de Sesiones y Registro de Auditoría

Acceso: `http://<omnipgw-ip>:<web-port>/session_history`



Propósito: Rastrear eventos históricos de sesiones y registro de auditoría

Características:

1. Filtrado de Eventos

- Filtrar por tipo de evento (Todos los Eventos, Sesión Creada, Sesión Eliminada, etc.)
- Selección de rango de fechas (Desde Fecha / Hasta Fecha)
- Buscar por IMSI, MSISDN, dirección IP o TEID

2. Funcionalidad de Exportación

- Exportar a CSV para análisis
- Incluye todos los resultados filtrados
- Útil para cumplimiento y generación de informes

3. Tipos de Eventos Rastreados

- Eventos de creación de sesiones
- Eventos de eliminación de sesiones
- Eventos de modificación
- Eventos de error

Casos de Uso:

- Registro de auditoría para cumplimiento
- Análisis histórico de sesiones
- Solucionar problemas pasados
- Generar informes de uso
- Rastrear patrones de sesión a lo largo del tiempo

Casos de Uso Operacionales

Verificación de Sesiones:

1. El usuario informa un problema de conectividad
2. Buscar en la Interfaz Web por IMSI o número de teléfono
3. Verificar que la sesión exista y que el UE tenga dirección IP
4. Comprobar que los valores de QoS coincidan con el plan del suscriptor
5. Verificar que los puntos de túnel estén establecidos

Monitoreo de Capacidad:

- Echar un vistazo al conteo de sesiones activas
- Comparar con la capacidad licenciada
- Identificar patrones de uso por APN

Solución de Problemas:

- Encontrar sesión específica por cualquier identificador
- Inspeccionar estado completo de la sesión sin SSH/IE
- Verificar que los TEIDs de SGW y PGW coincidan entre sistemas
- Comprobar valores de AMBR aplicados desde PCRF

Ventajas sobre Métricas:

- Ver detalles de sesión individuales (las métricas muestran agregados)
- Capacidades de búsqueda y filtrado
- Formato legible para humanos (ancho de banda en Mbps, no bps)
- Inspección del estado en tiempo real
- No se requiere acceso a línea de comandos

Documentación Relacionada

Funciones Básicas de Sesión

- [Interfaz PFCP](#) - Establecimiento de sesión del plano de usuario, PDRs, FARs, OERs, URRs
- [Asignación de IP del UE](#) - Asignación de dirección IP, gestión del grupo de APN
- [Configuración de PCQ](#) - Parámetros de DNS, P-CSCF, MTU entregados al UE
- [Guía de Configuración](#) - Selección de UPF, flujos de establecimiento de sesión

Política y Carga

- [Interfaz Diameter Gy](#) - Control de política PCRF, reglas PCC, gestión de QoS
- [Interfaz Diameter Gy](#) - Carga en línea OCS, seguimiento de cuotas
- [Formato de CDR de Datos](#) - Generación de registros de carga offline

Interfases de Red

- [Interfaz S3/S8](#) - Protocolo GTP-C, comunicación SGW-C
- [Gestión de QoS y Bearer](#) - Aplicación de QoS de Bearer

Operaciones

- [Guía de Monitoreo](#) - Métricas de sesión, seguimiento de sesiones activas, alertas
- [Monitoreo de P-CSCF](#) - Monitoreo de sesiones IMS



Documentación de Asignación de Pool de IP de UE

Gestión de Direcciones IP para Dispositivos Móviles

Tabla de Contenidos

- [Descripción General](#)
- [Conceptos de Asignación de IP](#)
- [Configuración](#)
- [Proceso de Asignación](#)
- [Temas Avanzados](#)
- [Monitoreo](#)
- [Solución de Problemas](#)

Descripción General

El PGW-C asigna direcciones IP a dispositivos UE (Equipo de Usuario) cuando establecen conexiones PDN (Red de Datos por Paquete). Esta es una función crítica que permite a los dispositivos móviles comunicarse con redes externas.

Por qué la Asignación de IP es Importante

Cada UE recibe una **dirección IP única** del PGW-C que:

- Identifica el dispositivo en la red
- Rutea el tráfico hacia/desde el dispositivo
- Permite la facturación y la aplicación de políticas
- Persiste durante la duración de la conexión PDN

Versiones de IP Soportadas

Versión de IP	Soporte	Descripción
IPv4	◆	Completo Direcciones IPv4 estándar
IPv6	◆	Completo Direcciones y prefijos IPv6
IPv4v6	◆	Completo Dual-stack (tanto IPv4 como IPv6)

Conceptos de Asignación de IP

Tipo de PDN

Cuando un UE solicita una conexión PDN, especifica un **Tipo de PDN**:

Tipo de PDN	Descripción	Direcciones Asignadas
IPv4	Conexión solo IPv4	Dirección IPv4 única
IPv6	Conexión solo IPv6	Prefijo IPv6 (por ejemplo, /64)
IPv4v6	Conexión dual-stack	Tanto dirección IPv4 como prefijo IPv6

Métodos de Asignación

El PGW-C soporta dos métodos de asignación de IP:

1. Asignación Dinámica (Más Común):

- El PGW-C selecciona IP de un pool configurado
- Selección aleatoria para evitar predictibilidad
- Detección de colisiones asegura unicidad

2. Asignación Estática:

- El UE solicita una IP específica en el mensaje GTP-C
- El PGW-C valida la disponibilidad
- Útil para dispositivos empresariales con IPs fijas

Selección de Subred Basada en APN

Diferentes APNs (**Nombres de Punto de Acceso**) pueden utilizar diferentes pools de IP:

Beneficios:

- Segregación de Tráfico** - Diferentes APNs rutean a diferentes redes
- Diferenciación de Políticas** - Aplicar diferentes políticas por APN
- Planificación de Capacidad** - Dimensionar pools según el uso esperado
- Facturación** - Rastrear el uso por tipo de servicio

Registro de Direcciones

El **Registro de Direcciones** rastrea las IPs asignadas:

Función	Descripción
Registro	Mapea IP de UE → PID del Proceso de Sesión
Búsqueda	Encontrar sesión por IP de UE
Deregistro	Liberar IP cuando la sesión termina
Detección de Colisiones	Prevenir asignaciones duplicadas

Configuración

Configuración Básica

Edita config/runtime.exs:

```
config :pgw_c,
  ue: %{
    subnet_map: %{
      # APN "internet" utiliza dos subredes
      "internet" => [
        "100.64.1.0/24", # 254 IPs utilizables
        "100.64.2.0/24" # 254 IPs utilizables
      ],

      # APN "ims" utiliza una subred
      "ims" => [
        "100.64.10.0/24"
      ],

      # Pool por defecto para APNs desconocidos
      default: [
        "42.42.42.0/24"
      ]
    }
  }
```

Notación de Subred

Notación CIDR: <network>/<prefix_length>

CIDRIPs Utilizables	Rango de Ejemplo
/24 254	100.64.1.1 - 100.64.1.254
/23 510	100.64.0.1 - 100.64.1.254
/22 1022	100.64.0.1 - 100.64.3.254
/20 4094	100.64.0.1 - 100.64.15.254
/16 65534	100.64.0.1 - 100.64.255.254

Notas:

- La dirección de red (por ejemplo, 100.64.1.0) no se asigna
- La dirección de broadcast (por ejemplo, 100.64.1.255) no se asigna

- El PGW-C asigna desde <network> + 1 hasta <broadcast> - 1

Múltiples Subredes por APN

Balanceo de Carga a Través de Subredes:

```
config :pgw_c,
ue: %{
  subnet_map: %{
    "internet" => [
      "100.64.1.0/24",
      "100.64.2.0/24",
      "100.64.3.0/24",
      "100.64.4.0/24"
    ]
  }
}
```

Método de Selección:

- El PGW-C selecciona aleatoriamente una subred de la lista
- Proporciona un balanceo de carga básico
- Cada sesión selecciona una subred de forma independiente

Beneficios:

- Distribuir la carga a través de múltiples subredes
- Expansión de capacidad más fácil (agregar nuevas subredes)
- Flexibilidad para políticas de enrutamiento

Ejemplo del Mundo Real

```
config :pgw_c,
ue: %{
  subnet_map: %{
    # Acceso general a internet
    "internet" => [
      "100.64.0.0/20" # 4094 IPs para uso general
    ],

    # IMS (Voz sobre LTE)
    "ims" => [
      "100.64.16.0/22" # 1022 IPs para IMS
    ],

    # APN Empresarial
    "enterprise.corp" => [
      "10.100.0.0/16" # 65534 IPs para empresa
    ],

    # Dispositivos IoT (bajo bitrate)
    "iot.m2m" => [
      "100.64.20.0/22" # 1022 IPs para IoT
    ],

    # Fallback por defecto
    default: [
      "42.42.42.0/24" # 254 IPs para APNs desconocidos
    ]
  }
}
```

Configuración de IPv6

```
config :pgw_c,
ue: %{
  subnet_map: %{
    "internet" => [
      # Pools de IPv4
      "100.64.1.0/24"
    ],
    "internet.ipv6" => [
      # Pools de IPv6 (delegación de prefijos)
      "2001:db8:1::/48"
    ],
    default: [
      "42.42.42.0/24"
    ]
  }
}
```

Delegación de Prefijos IPv6:

- El UE típicamente recibe un prefijo /64
- Permite al UE asignar múltiples IPs (por ejemplo, para tethering)
- Ejemplo: UE recibe 2001:db8:1:a::/64

Configuración de Doble Pila (IPv4v6)

```
config :pgw_c,
ue: %{
  subnet_map: %{
    "internet" => [
      "100.64.1.0/24" # Pool de IPv4
      "2001:db8:1::/48" # Pool de IPv6 (se utilizará para la asignación de IPv6)
    ]
  }
}
```

Asignación de Doble Pila:

- El UE solicita Tipo de PDN: IPv4v6
- El PGW-C asigna tanto la dirección IPv4 como el prefijo IPv6
- Ambas direcciones están activas simultáneamente

Proceso de Asignación

La asignación de IP ocurre durante la creación de la sesión cuando el PGW-C recibe una Solicitud de Crear Sesión a través de la interfaz S5/S8. Consulta [Interfaz S5/S8](#) para detalles del mensaje GTP-C y [Gestión de Sesiones](#) para el ciclo de vida de la sesión.

Paso a Paso: Asignación Dinámica de IPv4

Cómo Funciona

Proceso de Asignación Dinámica:

1. **Búsqueda de Subred:** El sistema recupera las subredes configuradas para el APN solicitado
2. **Selección Aleatoria:** Se selecciona aleatoriamente una subred de la lista disponible
3. **Generación de IP:** Se genera una IP aleatoria dentro del rango de la subred
4. **Verificación de Unicidad:** El sistema verifica que la IP no haya sido asignada
5. **Lógica de Reintento:** Si se detecta una colisión, se reintenta hasta 100 veces con una nueva IP aleatoria
6. **Registro:** Una vez que se encuentra una IP única, se registra en la sesión

Puntos Clave de Diseño:

- **Máximo 100 intentos:** Previene bucles infinitos cuando el pool está casi agotado
- **Selección aleatoria:** Evita patrones de asignación de IP predecibles por razones de seguridad
- **Operaciones atómicas:** El registro basado en procesos asegura que no haya asignaciones duplicadas
- **Recaida a por defecto:** Si el APN no se encuentra en la configuración, utiliza el pool por defecto

Manejo de Colisiones

Escenario: Dos sesiones intentan asignar la misma IP simultáneamente

Cómo Funciona la Prevención de Colisiones:

- El registro procesa las solicitudes una a la vez (serializado)
- No es posible condiciones de carrera
- La primera solicitud en registrar una IP tiene éxito
- Las solicitudes subsiguientes para la misma IP son rechazadas
- Las sesiones rechazadas reintentan automáticamente con una nueva IP aleatoria

Recaída a Subred por Defecto

Escenario: UE solicita un APN desconocido

Ejemplo de Configuración:

```
# Config
subnet_map: %{
  "internet" => ["100.64.1.0/24"],
  default: ["42.42.42.0/24"]
}
```

Comportamiento:

- UE solicita APN: "unknown.apn"
- El sistema busca "unknown.apn" en subnet_map
- No encontrado, por lo que recae en el pool por defecto
- Asigna IP del 42.42.42.0/24

Lógica de Recaída:

1. Primero, intenta encontrar el pool específico del APN en la configuración
2. Si no se encuentra, utiliza el pool default
3. Si no hay por defecto configurado, la asignación falla

Desasignación en la Terminación de la Sesión

Limpieza Automática:

- Cuando el proceso de sesión termina, el registro se limpia
- La IP está inmediatamente disponible para nuevas asignaciones
- No se requiere intervención manual

Temas Avanzados

Agotamiento del Pool

Escenario: Todas las IPs en el pool están asignadas

Pool: 100.64.1.0/24 (254 IPs utilizables)
Asignadas: 254 IPs
Nueva solicitud llega → Agotamiento

Qué Sucede:

1. El PGW-C intenta 100 asignaciones aleatorias
2. Todos los intentos encuentran IP ya asignada
3. Devuelve: {error, :ue_ip_address_allocation_failed}
4. La creación de sesión falla
5. SGW-C recibe respuesta de error

Prevención:

```
# Monitorear la utilización del pool
address_registry_count / total_pool_size > 0.8 # Alerta al 80%
```

```
# Expandir el pool antes del agotamiento
```

```
"internet" => [
  "100.64.1.0/24",
  "100.64.2.0/24", # Agregar subred adicional
  "100.64.3.0/24"
]
```

Asignación Estática de IP

Caso de Uso: Dispositivo empresarial necesita IP fija

Formato del Mensaje GTP-C:

```
Create Session Request
├─ IMSI: 310260123456789
├─ APN: enterprise.corp
├─ PDN Address Allocation (IE)
│   └─ PDN Type: IPv4
│       └─ IPv4 Address: 10.100.0.50 ← UE solicita IP específica
```

Procesamiento de OmniPGW:

1. **Extraer IP Solicitada:** Analizar IE de Asignación de Dirección PDN de la solicitud
2. **Validar IP:** Verificar si la IP solicitada está en el pool configurado para este APN
3. **Verificar Disponibilidad:** Confirmar que la IP no esté ya asignada a otra sesión
4. **Asignar o Rechazar:**
 - Si está disponible: Asignar la IP solicitada a esta sesión
 - Si no está disponible: Rechazar la sesión con el código de causa apropiado

Resultados Posibles:

- **Éxito:** UE recibe exactamente la dirección IP que solicitó
- **Fallo (IP en uso):** Sesión rechazada - IP ya asignada
- **Fallo (IP no en pool):** Sesión rechazada - IP no está en el rango configurado

Delegación de Prefijos IPv6

UE solicita IPv6:

```
Create Session Request
└─ PDN Type: IPv6
```

PGW-C asigna prefijo /64:

Prefijo Asignado: 2001:db8:1:a::/64

UE puede usar:
- 2001:db8:1:a::1
- 2001:db8:1:a::2
- ... (18 quintillones de direcciones)

Beneficios:

- UE puede asignar múltiples IPs (por ejemplo, tethering)
- Soporta SLAAC (Configuración Automática de Direcciones Sin Estado)
- Elimina la necesidad de NAT

Asignación de Doble Pila

UE solicita IPv4v6:

```
Create Session Request
└─ PDN Type: IPv4v6
```

PGW-C asigna ambos:

IPv4: 100.64.1.42
IPv6: 2001:db8:1:a::/64

Manejo del Tráfico:

- El tráfico IPv4 utiliza la dirección IPv4
- El tráfico IPv6 utiliza el prefijo IPv6
- Ambos activos simultáneamente

- Túneles GTP separados (o túnel de doble pila)

Direcciones IP Privadas vs. Públicas

Pools de IP Privadas (RFC 1918):

```
# No enrutables en internet pública
subnet_map: %{
  "internet" => [
    "10.0.0.0/8",
    "172.16.0.0/12",
    "192.168.0.0/16"
  ]
}
```

Requiere NAT en PGW-U para acceder a internet

Pools de IP Públicas:

```
# IPs públicas enrutables (ejemplo solamente)
subnet_map: %{
  "internet" => [
    "203.0.113.0/24" # Bloque de IP pública
  ]
}
```

No se requiere NAT - enrutamiento directo a internet

Recomendación:

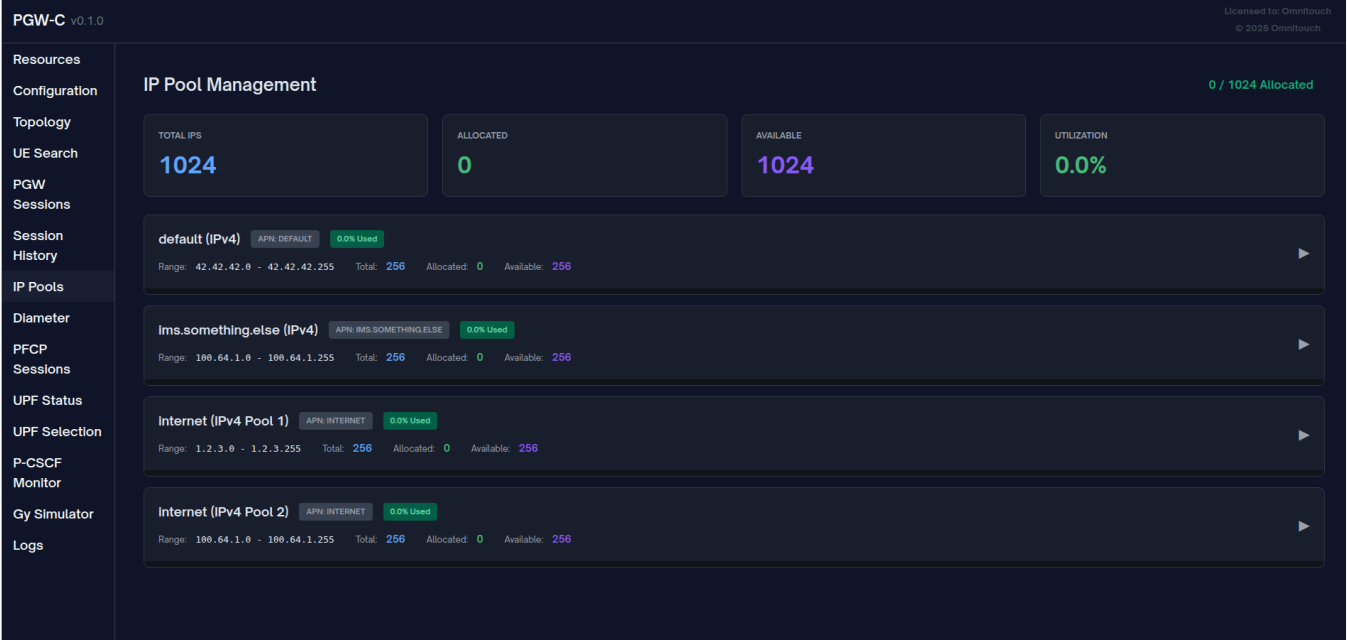
- Usar **IPs privadas (RFC 6598)**: 100.64.0.0/10 (NAT de Grado de Transportista)
- Reservar IPs públicas solo para servicios especiales

Monitoreo

Interfaz Web - Gestión de Pool de IP

OmniPGW proporciona una interfaz web en tiempo real para monitorear la asignación y utilización del pool de IP.

Acceso: http://<omnigw-ip>:<web-port>/ip_pools



Características:

1. Resumen del Pool

- Total de IPs en todos los pools
- Direcciones actualmente asignadas
- IPs disponibles restantes
- Porcentaje de utilización en tiempo real

2. Estado del Pool por APN Cada pool configurado muestra:

- **Nombre del Pool** - Identificador de APN (por ejemplo, "default", "ims.something.else", "Internet")
- **Etiqueta de APN** - Insignia del nombre de APN configurado
- **Rango de IP** - Notación CIDR mostrando el rango de subred
- **Utilización** - Indicador visual mostrando el porcentaje utilizado
- **Estadísticas de Asignación:**
 - Total: Número de IPs en el pool
 - Asignadas: IPs actualmente asignadas
 - Disponibles: IPs restantes para asignación

3. Actualizaciones en Tiempo Real

- Actualización automática cada 2 segundos
- No se requiere recarga de página
- Seguimiento en vivo de la utilización

Casos de Uso:

- Verificación rápida de capacidad antes del mantenimiento
- Identificar pools que se acercan al agotamiento
- Verificar la configuración del pool
- Monitorear patrones de asignación por APN

Métricas Clave

Conteo del Registro de Direcciones:

```
# IPs actualmente asignadas
address_registry_count

# Utilización del pool (requiere cálculo)
address_registry_count / <total_pool_size> * 100
```

Ejemplo:

Pool: 100.64.1.0/24 (254 IPs)
Asignadas: 150 IPs
Utilización: 150 / 254 = 59%

Alertas

```
# Alerta sobre alta utilización del pool
- alert: UEIPPoolUtilizationHigh
  expr: address_registry_count > 200 # Para pool /24
  for: 10m
  annotations:
    summary: "Utilización del pool de IP de UE por encima del 80%"
    description: "Actual: {{ $value }} / 254 IPs asignadas"

# Alerta sobre agotamiento del pool
- alert: UEIPPoolExhausted
  expr: address_registry_count >= 254 # Para pool /24
  for: 1m
  annotations:
    summary: "Pool de IP de UE agotado - no hay IPs disponibles"

# Alerta sobre fallos de asignación
- alert: UEIPAllocationFailures
  expr: rate(ue_ip_allocation_failures_total[5m]) > 0
  for: 5m
  annotations:
    summary: "Ocurriendo fallos en la asignación de IP de UE"
```

Dashboard de Grafana

Panel 1: Utilización del Pool de IP

```
# Medidor mostrando porcentaje
(address_registry_count / 254) * 100
```

Panel 2: IPs Asignadas a lo Largo del Tiempo

```
# Serie temporal
address_registry_count
```

Panel 3: Tasa de Asignación

```
# Tasa de nuevas asignaciones
rate(address_registry_count[5m])
```

Panel 4: Riesgo de Agotamiento del Pool

```
# Días hasta el agotamiento (basado en la tasa actual)
(254 - address_registry_count) / rate(address_registry_count[1h])
```

Solución de Problemas

Problema 1: La Creación de la Sesión Falla (No hay IP Disponible)

Síntomas:

- Respuesta de Crear Sesión: Causa "Solicitud rechazada"
- Registro: "Fallo en la asignación de dirección IP de UE"

Causas Posibles:

- 1. Pool Agotado**

```
# Verificar la asignación actual
curl http://<pgw_c_ip>:42069/metrics | grep address_registry_count
```
- 2. Error de Configuración**

```
# Verificar la configuración de la subred
config:pgw_c,
ue:
  subnet_map:
    "internet" => [
      "100.64.1.0/24" # Asegurarse de que sea CIDR válido
    ]
}
```
- 3. Error de Configuración de APN**

```
# Si el APN no se encuentra, recae en el por defecto
# Asegurarse de que exista el pool por defecto
subnet_map:
  default: ["42.42.42.0/24"]
}
```

Resolución:

- **Expandir pool:** Agregar más subredes
- **Limpiar sesiones obsoletas:** Reiniciar PGW-C para liberar IPs filtradas
- **Verificar configuración:** Revisar runtime.exs en busca de errores tipográficos

Problema 2: Colisión de Dirección IP

Síntomas:

- Dos UEs reciben la misma IP (muy raro)
- Problemas de enrutamiento

Causa:

- Error en el Registro de Direcciones (no debería suceder)

Depuración:

```
# Verificar duplicados de IP en los registros
grep "already_registered" /var/log/pgw_c.log
```

Resolución:

- Debería corregirse automáticamente (la segunda sesión reintentada)
- Si persiste, informar del error

Problema 3: Se Utiliza el Pool de IP Incorrecto

Síntomas:

- UE recibe IP de subred inesperada
- APN "internet" obtiene IP del pool "ims"

Causa:

- Configuración incorrecta de subnet_map

Verificar:

```
# Verificar coincidencia exacta de cadena de APN
subnet_map:
  "internet" => [...], # Sensible a mayúsculas
  "Internet" => [...] # ¡APN diferente!
}
```

Resolución:

- Asegurarse de que los nombres de APN coincidan exactamente (sensible a mayúsculas)
- Usar el pool por defecto para capturas generales

Problema 4: La Asignación de IPv6 Falla

Síntomas:

- UE solicita IPv6, recibe error

Causas Posibles:

1. No hay pool de IPv6 configurado

```
# Falta subredes de IPv6
subnet_map: %{
  "internet" => [
    "100.64.1.0/24" # Solo IPv4
  ]
}
```

2. Prefijo IPv6 inválido

```
# Prefijo demasiado pequeño (debería ser /48 o mayor)
"internet" => [
  "2001:db8::/128" # Incorrecto - sin espacio para asignación
]
```

Resolución:

```
# Agregar pool de IPv6
subnet_map: %{
  "internet" => [
    "100.64.1.0/24",
    "2001:db8:1::/48" # Pool de IPv6
  ]
}
```

Problema 5: Alta Utilización del Pool

Síntomas:

- Acercándose al agotamiento del pool
- address_registry_count se acerca al máximo

Medidas Proactivas:

1. Agregar Subredes:

```
"internet" => [
  "100.64.1.0/24", # Existente
  "100.64.2.0/24", # Nueva subred (agrega 254 IPs)
  "100.64.3.0/24" # Nueva subred (agrega 254 IPs)
]
```

2. Usar Subredes Más Grandes:

```
# Reemplazar /24 con /22
"internet" => [
  "100.64.0.0/22" # 1022 IPs utilizables
]
```

3. Limpieza de Sesiones:

- Monitorear sesiones obsoletas
- Asegurarse de que se maneje correctamente la Solicitud de Eliminar Sesión

Mejores Prácticas

Planificación de Capacidad

Calcular el tamaño del pool requerido:

Usuarios concurrentes esperados: 10,000
Concurrencia máxima: 30% (3,000 sesiones simultáneas)
Buffer de crecimiento: 50%
IPs requeridas: 3,000 * 1.5 = 4,500 IPs

Subred: /20 (4,094 IPs utilizables) - Demasiado pequeña
Subred: /19 (8,190 IPs utilizables) - Suficiente

Selección de Subred

Recomendado:

- Usar 100.64.0.0/18 (RFC 6598 - NAT de Grado de Transportista)
- Proporciona 4 millones de IPs
- Reservado para NAT de proveedores de servicios

Evitar:

- IPs públicas (costosas, limitadas)
- Rangos privados comunes que entren en conflicto con VPNs empresariales

Diseño de Configuración

```
config :pgw_c,
  ue: %{
    subnet_map: %{
      # APN principal de internet - pool grande
      "internet" => [
        "100.64.0.0/18" # 16,382 IPs
      ],

      # IMS - pool dedicado más pequeño
      "ims" => [
        "100.64.64.0/22" # 1,022 IPs
      ],

      # Empresa - pool mediano
      "enterprise.corp" => [
        "100.64.68.0/22" # 1,022 IPs
      ],

      # IoT - pool grande para muchos dispositivos
      "iot.m2m" => [
        "100.64.72.0/20" # 4,094 IPs
      ],

      # Por defecto - fallback pequeño
      default: [
        "100.64.127.0/24" # 254 IPs
      ]
    }
  }
}
```

Documentación Relacionada

Configuración

- [Guía de Configuración](#) - Configuración del pool de IP de UE, mapeo de subred APN
- [Configuración de PCO](#) - DNS, P-CSCE, MTU entregados con dirección IP
- [Gestión de Sesiones](#) - Ciclo de vida de la sesión, asignación de IP durante la configuración de PDN
- [Interfaz PFCEP](#) - Asignación de dirección de UE a través de PFCEP a UPF

Planificación de Redes

- [Interfaz S5/S8](#) - Entrega de dirección IP a través de GTP-C
- [Interfaz Diameter Gx](#) - Control de políticas para la asignación de IP

Operaciones

- [Guía de Monitoreo](#) - Métricas de utilización del pool de IP, seguimiento de asignaciones
- [Formato de CDR de Datos](#) - Direcciones IP de UE en CDRs para correlación de facturación

[Volver a la Guía de Operaciones](#)