OmniMME □置参考

OmniMME □过 `/etc/omnimme/runtime.exs` 进行配置。该文件在启动时被评估，并覆盖编译时的默认值。更改需要重启服务才能生效。

□置结构

配置按 OTP 应用程序分组。`:mme` 应用程序包含核心 MME 行为和 MME 发起的每个接口的参数；传输级库（`:diameter_ex`、`:gtpc`）和管理界面（`:control_panel`、`:api_ex`）在各自的键下进行配置。

目录

- MME 核心参数
- EMM / NAS 定时器
- NAS 安全
- 扩展空闲模式 DRX (eDRX)
- 分页优先级
- 拒绝原因映射
- 设备身份检查 (S13)
- S1AP 接口
- 服务 GUMMEI
- 服务 TAI
- 服务网关 (SGW)
- 数据包数据网络网关 (PGW)

- 邻居 MME (S10)
- GTP-C 路径监督
- Diameter (S6a / S13 / SLg)
- GTPv2-C (S11)
- 小区广播 (SBc)
- 位置服务 (E-SMLC / SLs)
- NIDD / 控制平面 CIoT (T6a)
- 控制面板
- REST API
- 日志记录
- 配置示例

MME 核心参数

```
config :mme,
  mme_name: "omnimme",
  operator_name: "Omnitouch",
  country: "Australia",
  network_name_short: "omnitouch",
  network_name_long: "omnitouch",
  timezone: "Australia/Sydney",
  default_apn: "internet",
  apn_oi_domain: :gprs,
  mme_capacity: 255,
  home_plmn: %{mcc: "001", mnc: "01"},
  emergency_support_enabled: true
```

参数	类型	必需	默认	描述
`mme_name`	字符串	是	-	此 MME 节点的人类可读名称。包含在日志
`operator_name`	字符串	否	-	与家庭 PLMN 关联的运营商标签。在控制[PLMN 一起显示，并用于描述家庭网络。
`country`	字符串	否	-	与家庭 PLMN 关联的国家标签，用于与 `operator_name` 一起显示。
`network_name_short`	字符串	是	-	在 EMM 信息 / 附加接受中发送给 UE [常是运营商品牌的缩写。
`network_name_long`	字符串	是	-	在 EMM 信息 / 附加接受中发送给 UE [
`timezone`	字符串	是	-	用于控制面板中时间戳格式的 IANA 时区名 `"Australia/Sydney"`、`"E` 不影响 NAS 信令。
`default_apn`	字符串	是	-	当 UE 不请求特定 APN 时，用于默认 P APN。
`apn_oi_domain`	原子	ﷺ	`:gprs`	控制附加到请求 APN 的 APN 运营商标[OI) 域后缀，以形成 APN-FQDN。请 商标识符。
`mme_capacity`	整数	是	-	过 S1 设置向 eNodeBs 广播的相[(0–255)。由 eNodeBs 用于在可[

参数	类型	必需	默认	描述
				负载均衡初始 UE 连接。可以□过控制面板□ eNB，而无需重启。
`home_plmn`	地图	是	-	家庭 PLMN 身份。必须与 HSS 中配置配，并用于 SIM 预配置。请参见 PLMN
`emergency_support_enabled`	布尔	否	`false`	当 `true` 时，MME 接受未经过身份验[求，如 3GPP TS 23.401 §5.3.

PLMN 参数

参数	类型	描述
`mcc`	字符串	移动国家代码 — 三位数字字符串（例如 `"001"`）。
`mnc`	字符串	移动网络代码 — 两位或三位数字字符串（例如 `"01"`）。

APN 运营商标识符

UE 发送的 APN（APN 网络标识符，例如 `internet`）与 **APN** 运营商标识符 **(APN-OI)** 域后缀结合，以形成用于 P-GW 选择的完全合格 APN-FQDN，并存储在会话中（TS 23.003 §9.1.2 / §19.4.2.2）。在与订阅中预配置的裸 APN 名称匹配时，同样的后缀会被剥离，因此使用 `internet` 预配置的用户在 MME 扩展到 `internet.mnc001.mcc001.gprs` 的请求中匹配。

`apn_oi_domain` 选择使用哪个后缀形式。`<MNC>`/`<MCC>` 从用户匹配的 PLMN 中获取。

值	结果 **APN-FQDN**	备注
`:gprs` (默认)	`<apn>.mnc<MNC>.mcc<MCC>.gprs`	传统 APN-OI 形式。
`:epc`	`<apn>.apn.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.3gppnetwork.org`	用于 S-NAPTR / 基于 DNS 的 P-GW 选择的 EPC APN-OI 形式。
`:none`	`<apn>`	无后缀；使用裸 APN 进行端到端传输。当 P-GW 和订阅都期望无后缀 APN 时使用。

工作原理：对于在 PLMN MCC 001 / MNC 01 上请求 `internet` 的用户，`:gprs` 生成 `internet.mnc001.mcc001.gprs`，`:epc` 生成 `internet.apn.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org`，而 `:none` 生成 `internet`。该后缀在家庭和访问用户之间一致应用，并在 APN 与预配置的 APN 列表匹配之前被移除，因此更改此值不需要在 HSS 中重新预配置裸 APN 名称。

用例：当 P-GW 选择依赖于 3GPP EPC APN-FQDN/S-NAPTR 约定时设置 `:epc`；当核心根据裸 APN 字符串进行预配置和路由时设置 `:none`。

> 已弃用：`persistent_emm_deregistered_cleanup_interval` 和 `persistent_ecm_idle_cleanup_interval` ���早期版本中的上下文驱逐间隔。它们不再被 **OmniMME** 读取 — 将它们保留在 `runtime.exs` 中没有效果。UE 上下文生命周期现在由基于标准的移动可达和隐式分离定时器管理（请参见 EMM / NAS 定时器）；未能执行定期 TAU 的 UE 会被隐式分离并移除其上下文。

EMM / NAS 定时器

OmniMME 暴露了 TS 24.301 §10.2 / 附录 B 中的 3GPP NAS 定时器和 TS 23.401 §5.3.5 中的移动管理定时器。所有值都是整数；每个定时器的单位已注明。每个定时器都有一个规范默认值，可以省略。

```
config :mme,
  t3412: 3240,  # □期 TAU 间隔，秒（54 分钟）
  t3485: 8,     # 秒（规范默认 T3485 = 8 s）
  t3413: 5,
  paging_max_attempts: 3,
  t3346: 600,
  t3396: 600,
  t3450: 6,
  t3460: 6,
  t3470: 6,
  t3486: 8,
  t3489: 4,
  t3492: 6,
  nas_max_retransmissions: 4,
  m_tmsi_freeze_interval: 60
```

参数	类型	单位	默认	描述
`t3412`	整数	秒	- (必需)	发送给 UE 的周期 TAU 间隔，在附加/TAU 接受中。UE 在此定时器到期之前执行周期 TAU 以保持注册。编码为 NAS GPRS 定时器 (TS 24.008 §10.5.7.3): ≤ 62 s 以 2 秒为单位，⁄⁄ 1860 s 以 1 分钟为单位，否则以 6 分钟（十进制小时）为单位 — 例如 `3240` 作为 54 分钟（9 十进制小时）发送。每当 HSS 订阅不携带 `Subscribed-Periodic-RAU-TAU-Timer` 时，作为 网络默认值 使用；HSS 提供的值将被尊重。
`t3485`	整数	秒	- (必需)	激活/修改/停用（专用）EPS 承载上下文请求的重传间隔。在最终到期时，ESM 程序被放弃，SGW 被告知承载程序失败。也用作 ESM 信息请求的默认重传间隔。
`t3413`	整数	秒	`5`	分页响应定时器 (TS 23.401 §5.3.4.3)。到期时，MME 重新发送页面。
`paging_max_attempts`	整数	计数	`3`	在 MME 放弃并向 SGW 发送下行数据□知失败指示之前的总页面尝试次数。
`t3346`	整数	秒	`600`	EMM（移动管理）拥塞回退。作为 GPRS 定时器 IE 发送给 UE，以便在拥塞 EMM 拒绝中不立即重试 (TS 24.301 §4.5)。
`t3396`	整数	秒	`600`	ESM（会话管理）拥塞回退。在拥塞 ESM 拒绝中发送。
`t3450`	整数	秒	`6`	附加接受 / TAU 接受 / GUTI 重新分配命令的重传定时器（网络发起，等待匹配的完成）。
`t3460`	整数	秒	`6`	身份请求的重传定时器。

参数	类型	单位	默认	描述
`t3470`	整数	秒	`6`	身份请求的重传定时器。
`t3486`	整数	秒	`8`	激活默认 EPS 承载上下文请求的重传定时器。
`t3489`	整数	秒	`4`	监督 ESM 信息交换 (TS 24.301 §6.6.1.4): 当 MME 发送 ESM 信息请求时启动；如果 UE 在此时间内未返回 ESM 信息响应，则附加被中止（附加拒绝）。请求本身不进行重传。
`t3492`	整数	秒	`6`	（网络发起的）分离/PDN 断开路径的重传定时器。
`nas_max_retransmissions`	整数	计数	`4`	在程序中止之前网络发起的 NAS 消息的最大重传次数（TS 24.301 附录 B: 初始传输后 4 次重传）。
`m_tmsi_freeze_interval`	整数	秒	`60`	在此期间，由于 Purge-UE-Answer（PUA-Flags Freeze-M-TMSI, TS 29.272 §7.3）冻结的 M-TMSI 被排除在重新分配之外的保护期。

移动可达与隐式分离

```
config :mme,
  mobile_reachable_timer: 2640,    # 秒; 默认 = (t3412 以秒为单位) + 240
  implicit_detach_timer: 2640      # 秒; 默认 = (t3412 以秒为单位) + 240
```

参数	类型	单位	默认	描述
`mobile_reachable_timer`	整数	秒	`t3412 + 240`	当 UE 进入 ECM-IDLE 时启动 (TS 23.401 §5.3.5)。必须比��期 TAU 定时器长。
`implicit_detach_timer`	整数	秒	`t3412 + 240`	当移动可达定时器到期时启动。在其到期时，UE 被隐式分离并移除其上下文。

NAS 安全

NAS 加密和完整性算法策略 (TS 33.401 §5)。对于每个 UE，MME 选择 UE 支持的最高优先级配置算法，并在安全模式命令中进行信令。列出算法时按强度优先。

NAS 完整性始终应用（默认使用 EIA2）：安全模式命令之后的每个 NAS 消息都经过完整性保护，UE 与 HSS 进行身份验证。NAS 加密默认关闭 **(EEA0/null)** — NAS 负载已经经过完整性保护，承载它们的无线承载在 AS（PDCP）层□过无线进行加密，因此空的 NAS 加密最大化了互操作性，而不会削弱无线接口的机密性。

```
config :mme,
  nas_security: %{
    # 默认关闭加密（省略密钥以获得相同效果）：
    ciphering: [:eea0],
    integrity: [:eia2, :eia1, :eia3]
  }
```

参数	类型	默认	描述
`ciphering`	列表	`[:eea0]`	有序的 NAS 加密算法优先级。有效值：`:eea0`（空/关闭）、`:eea2`（128-EEA2，AES-CTR）。**默认是关闭加密。**请参见 已实现的加密，了解为什么 `:eea1`/`:eea3` 不可 ��择。
`integrity`	列表	`[:eia2, :eia1, :eia3]`	有序的 NAS 完整性算法优先级。有效值：`:eia1`、`:eia2`、`:eia3`。空完整性算法 `:eia0` 被故意不允许选择，且不得添加到此处。

如果省略 `nas_security`，则应用上述默认值（关闭加密，完整性使用 EIA2）。

已实现的加密

MME 仅实现了两种 NAS 加密算法 — **EEA0**（空）和 **128-EEA2**（AES-CTR，TS 33.401 §5.1.3.2）。128-EEA1（SNOW 3G）和 128-EEA3（ZUC）未实现。

为了防止选择 MME 无法执行的加密的错误配置 — 这将使下行 NAS 对 UE 不可读并阻止附加 — 配置的 `ciphering` 列表在选择之前会过滤到已实现的集合。任何 `:eea1`/`:eea3` 条目将被丢弃，并记录警告（忽略未实现的 NAS 加密算法）；如果过滤后列表为空，则 MME 将回退到已实现的集合。配置的优先级顺序在存活的条目中保持不变。

启用 **EEA2**

要开启 NAS 加密，请将 `:eea2` 列在 `:eea0` 之前：

```
config :mme,
  nas_security: %{
    ciphering: [:eea2, :eea0],
    integrity: [:eia2, :eia1, :eia3]
  }
```

工作原理：MME 在安全模式命令中提供 128-EEA2。支持 EEA2 的 UE 在其 UE 网络能力中获得 AES-CTR NAS 加密；不支持 EEA2 的 UE 回退到 `:eea0`（空），因此附加仍然完成。

用例：需要 NAS 层机密性以及始终存在的 AS 层（PDCP）加密的部署 — 例如，保护在未加密的回程段上进行的 NAS 信令。

NAS 加密算法参考

值	算法	已实现	参考
`:eea0`	空（无加密）	是	TS 33.401 §5.1.3.2
`:eea1`	128-EEA1（SNOW 3G）	否 — 被丢弃并发出警告	TS 33.401 附录 B
`:eea2`	128-EEA2（AES-128-CTR）	是	TS 33.401 附录 B
`:eea3`	128-EEA3（ZUC）	否 — 被丢弃并发出警告	TS 33.401 附录 B

扩展空闲模式 DRX (eDRX)

```
config :mme,
  edrx_enabled: true
```

参数	类型	默认	描述
`edrx_enabled`	布尔	`false`	当 `true` 时，MME 在附加/TAU 接受中授予 UE 请求的扩展 DRX 参数，并将分页对齐到 eDRX 窗口（TS 23.401 §4.3.5.9 / TS 24.301 §9.9.3）。当 `false` 时，eDRX 处于无效状态，UE 按其正常 DRX 周期进行分页。

与 NR 的双连接 (EN-DC / NR-NSA)

```
config :mme, :dcnr,
  enabled: true
```

EN-DC（E-UTRAN 新无线电 – 双连接，“NSA”）允许 UE 使用 gNB 作为辅助节点，同时 eNB 保持主节点。NSA 是 RAN 驱动的，因此 MME 的角色是决定 UE 是否可以将 NR 作为辅助 RAT 使用，并将该决定一致地信号传递给 UE（EPS 网络功能支持 IE 中的 `RestrictDCNR` 标志，TS 24.301 §9.9.3.12A）和 eNB（S1AP 切换限制列表中的 `NRrestrictioninEPSasSecondaryRAT` 扩展，TS 36.413）。

参数	类型	默认	描述
`enabled`	布尔	`true`	当 `true` 时，DCNR 在网络范围内被允许，并按订阅者进行限制：HSS 访问限制数据中设置了“NR 作为辅助 RAT 不允许”位的订阅者（TS 29.272 §7.3.31）被限制，其他人被允许。当 `false` 时，DCNR 对每个 UE 都受到限制，无论订阅情况如何 — 如果网络没有 NR 部署，请设置此项。默认为 `true`，保留之前的 DCNR 被允许的行为。

当 DCNR 受到限制（□过配置或订阅），MME 在附加/TAU 接受中设置 `RestrictDCNR` 并向 eNB 发送携带 `NRrestrictioninEPSasSecondaryRAT` 的切换限制列表。eNB 报告的 NR 辅助 RAT 使用情况被转发到 SGW/PGW 进行计费，在 eNB 发起的 S1 释放中（TS 23.401 §5.7A）。

分页优先级

```
config :mme,
  paging_priority_arp_threshold: 8
```

参数	类型	默认	描述
`paging_priority_arp_threshold`	整数	`nil`	S1AP 分页优先级 IE 的 ARP 优先级阈值（TS 23.401 §4.3.7.4 / TS 36.413）。当设置为整数 N（1–15）时，对于最重要的活动承载 ARP 优先级水平 ≤ N 的 UE，页面将携带分页优先级 IE（ARP 水平映射到 `priolevel1`–`priolevel8`，1 = 最高），因此 MPS / 优先服务订阅者会优先被分页。当 `nil` 时，不发送分页优先级 IE。

拒绝原因映射

这两个映射覆盖内置的默认映射表；缺失的键保持其默认值。它们以 `Mme.Control.Emm.CauseMapping` / `Mme.Control.Esm.CauseMapping` 中定义的稳定符号名称为键。使用它们强制 □□ 拒绝，以便未预配置的 UE 停止重试（问题 #26）。

```
config :mme,
  emm_cause_mapping: %{
    rat_not_allowed: :plmn_not_allowed,
    default: :no_suitable_cells_in_tracking_area
  },
  esm_cause_mapping: %{
    apn_access_denied_no_subscription:
:operator_determined_barring,
    default: :missing_or_unknown_apn
  }
```

参数	类型	默认	
`emm_cause_mapping`	地图	`%{}`	Diameter 结果 → EMM 原因覆盖。当 S6a 更新位置应答失败时，M `:user_unknown`、`:unknown_eps_subscription` （完整列表见 `Mme.Control.Emm.CauseMapping`）。
`esm_cause_mapping`	地图	`%{}`	GTP-C 失败 → ESM 原因覆盖。当 SGW/PGW 拒绝创建会话请求[`:no_resources_available`、`:all_dynamic_ad `Mme.Control.Esm.CauseMapping`）。

设备身份检查 (S13)

```
config :mme,
  s13: %{
    enabled: true,
    allowed_equipment_status: [:whitelist, :greylist]
  }
```

参数	类型	必需	默认	描述
`enabled`	布尔值	否	`false`	当 `true` 时，OmniMME 在附着过程中通过 S13 向 EIR 发送 ME 身份检查请求 (ECR)。S13 Diameter 应用程序也必须声明（请参见 Diameter）。
`allowed_equipment_status`	列表	否	`[:whitelist]`	EIR 返回的允许附着的设备状态值。接受的值：`:whitelist`，`:blacklist`，`:greylist`。添加 `:blacklist` 将允许黑名单设备 - 请谨慎配置。定义在 TS 29.272 §7.3.7。

S1AP 接口

```
config :mme,
  s1ap: %{
    listen_ip: "192.0.2.10",
    listen_port: 36412,
    secondary_bind_ips: ["192.0.2.11"]
  }
```

参数	类型	必需	默认	描述
`listen_ip`	字符串	是	-	MME 监听来自 eNodeB 的 S1AP SCTP 关联的主 IP 地址。必须是特定接口 IP - 不要使用 `0.0.0.0`。
`listen_port`	整数	否	`36412`	S1AP 连接的 SCTP 端口。标准端口为 36412，参见 TS 36.412。
`secondary_bind_ips`	列表	否	`[]`	除 `listen_ip` 外绑定的其他本地 IPv4 地址，用于 SCTP 多宿主/路径冗余（TS 36.412 / RFC 4960 §5）。这些地址作为备用路径向对等方□告，并且也应用于 **SBc** 和 **SLs SCTP** 监听器。默认为单宿主。

服务的 **GUMMEI**

全球唯一的 MME 标识符列表声明了此 MME 服务的 PLMN、MME 组和 MME 代码组合。此信息在 S1 设置期间向 eNodeB □告，并用于基于 S-TMSI 的寻呼和切换。

```
config :mme,
  served_gummei: [
    %{
      plmn_list: [
        %{mcc: "001", mnc: "01"}
      ],
      group_id: 1,
      code: 2
    }
  ]
```

GUMMEI 参数:

参数	类型	必需	描述
`plmn_list`	列表	是	此 GUMMEI 条目下服务的一个或多个 PLMN。每个条目使用 `mcc` 和 `mnc` 键，如 PLMN 参数 所述。
`group_id`	整数	是	MME 组 ID (0–65535)。将共享 UE 上下文以便在同一池内进行切换的 MME 分组。
`code`	整数	是	MME 代码 (0–255)。在其组内唯一标识此 MME。与 ID 和 PLMN 一起，形成 GUMMEI。定义在 TS 23.003 §2.8.4。

GUMMEI 还确定哪些 GUTI 被识别为 本地 与 外部。在 TAU 期间呈现外部 GUTI 的 UE 会触发向先前 MME 发送 S10 上下文请求 - 请参见 邻居 MME (S10)。

服务的 **TAI**

跟踪区域标识符列表声明了此 MME 接受来自哪些 UE。其 TAI 不在此列表中的 eNodeB 将在 S1 设置期间拒绝这些 TAI。

```
config :mme,
  served_tai: [
    %{
      plmn: %{mcc: "001", mnc: "01"},
      tac_list: [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 100, 2899, 10000]
    }
  ]
```

TAI 条目参数:

参数	类型	必需	描述
`plmn`	映射	是	此 TAI 组的 PLMN。使用 `mcc` 和 `mnc` 键。
`tac_list`	列表	是	在此 PLMN 下服务的跟踪区域代码（整数，0–65535）列表。添加一个 TAC 以允许在该区域驻留的 UE 附着。

多个条目支持多 PLMN 部署或 MOCN 配置。

服务网关 **(SGW)**

OmniMME 支持两种 SGW 选择方法：静态对等列表或基于 DNS 的拓扑查找。该方法可以全局选择或按订阅者类型（本地与漫游）。

```
config :mme,
  sgw: %{
    # 一个原子（应用于两种类型）或每种类型的映射，例如
    #   %{home: :random_peer, roaming: :dns_lookup}
    selection_method: :random_peer,
    dns: [
      %{
        server: "192.0.2.53",
        domain: "3gppnetwork.org",
        type: :home
      }
    ],
    peers: [
      %{
        ip: "192.0.2.20",
        host: "sgw01.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
        port: 2123,
        type: :home
      }
    ]
  }
```

顶级 **SGW** 参数：

参数	类型	必需	默认	描述
`selection_method`	原子 | 映射	是	-	OmniMME 选择 SGW 的方式。`:random_peer` - 从 `peers` 中随机选择；`:dns_lookup` - 根据 TS 29.303 解析拓扑 DNS 查询。也可以是每种类型的映射 `%{home: ..., roaming: ...}`，例如，为本地用户使用静态对等方，为入境漫游者使用 DNS。
`dns`	列表	否	`[]`	DNS 解析器配置，当有效方法为 `:dns_lookup` 时使用。请参见 DNS 参数。
`peers`	列表	否	`[]`	静态 SGW 对等列表，当有效方法为 `:random_peer` 时使用。请参见 SGW/PGW 对等参数。

DNS 参数

参数	类型	必需	描述
`server`	字符串	是	要查询的 DNS 服务器的 IP 地址，用于基于拓扑的节点选择。
`domain`	字符串	是	EPC DNS 查询的基本域。OmniMME 在构造查找名称时会在前面加上 `epc.mncYYY.mccZZZ.`，参见 TS 23.003 §19.4。
`type`	原子	是	拓扑类型：`:home`、`:roaming` 或 `:home_and_roaming`。

> **EPC DNS** 通过 **TCP** 查询。 OmniMME 将所有节点选择查询（NAPTR / SRV / A / AAAA）发送到配置的 `server`，□过 **TCP** 端口 **53** 进行 - 它不使用 UDP。EPC S-NAPTR 答复□常超过 512 字节的 UDP 限制（一个 APN-FQDN 可以返回多个候选节点），并且在 GRX/IPX 路径上，大型 UDP/EDNS0 响应经常被丢弃，因此仅使用 TCP 以避免静默截断。配置的 DNS 服务器必须接受 **TCP** 连接，端口为 **53**。当为节点类型列出多个 DNS 服务器时，每次选择都会随机选择一个服务器作为起始，并在整个 S-NAPTR 链中使用；如果该服务器没有响应，则依次尝试剩余服务器。

> □□□□

SGW/PGW 对等参数

参数	类型	必需	默认	描述
`ip`	字符串	是	-	SGW 或 PGW GTPv2-C 接口的 IP 地址。
`host`	字符串	是	-	EPC FQDN 格式的主机名（例如 `sgw01.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org`）。
`port`	整数	否	`2123`	GTPv2-C UDP 端口。标准端口为 2123，参见 TS 29.274。
`type`	原子	是	-	此对等方使用的订阅者类型：`:home`、`:roaming` 或 `:home_and_roaming`。
`priority`	整数	否	`1`	`:random_peer` 选择的优先级层级。数值最低的优先级对等方将被使用；更高的层级作为备用，仅在没有较低层级的对等方时选择。
`weight`	整数	否	`100`	在优先级层级内的流量相对份额，按 RFC 2782 加权随机。例如，在同一层级中，`weight: 100` 和 `weight: 50` 的两个对等方将以 ~2:1 的比例分配流量。所有为零的权重在一个层级中回退到均匀分配。

`priority` 和 `weight` 是可选的；省略它们将恢复之前的均匀随机行为。它们仅适用于 `:random_peer` 选择（基于 DNS 的选择遵循 DNS 记录中的 SRV 优先级/权重）。这两者也可以在运行时更改 - 无需重启 MME - 通过 REST API（见下文）；运行时更改不会持久化，并在重启时恢复到此配置。

运行时对等方管理（**REST API**）。`/sgw_peers` 和 `/pgw_peers` 端点公开有效的对等池（包括每个对等方的 `type`、`weight` 和 `priority`）并允许操作员实时调整：

方法 / 路径	效果
`GET /sgw_peers`, `GET /pgw_peers`	列出有效的对等方及其选择权重和（仅 SGW）恢复/存活/会话状态。
`GET /sgw_peers/{ip}`, `GET /pgw_peers/{ip}`	按 IP 获取单个对等方。
`POST /sgw_peers`, `POST /pgw_peers`	在运行时添加对等方（`ip` 必需；`host`/`port`/`type`/`weight`/`priority` 可选）。
`PUT /sgw_peers/{ip}`, `PUT /pgw_peers/{ip}`	更新对等方的 `weight` 和/或 `priority`。
`DELETE /sgw_peers/{ip}`, `DELETE /pgw_peers/{ip}`	从池中移除对等方。

所有写操作都是 非持久化 的：它们仅改变正在运行的节点，并在重启时丢失，此时对等池将从此配置重新填充。

数据包数据网络网关（PGW）

PGW 选择使用与 SGW 相同的结构。在 `pgw:` 下配置，参数相同，包括每种类型的 `selection_method` 映射。

```
config :mme,
  pgw: %{
    selection_method: :random_peer,
    dns: [ ... ],
    peers: [
      %{
        ip: "192.0.2.21",
        host: "pgw01.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
        port: 2123,
        type: :home_and_roaming
      }
    ]
  }
```

有关字段描述，请参见 SGW/PGW 对等参数。`type: :home_and_roaming` 常用于处理本地和漫游 PDN 会话的 PGW。

邻居 MME (S10)

S10 接口（MME 之间的 GTPv2-C）承载了 MME 之间的移动性：外部 GUTI TAU 的空闲模式上下文转移和连接模式的前向重定位切换。`mme_s10` 配置目标 MME 的发现方式。

```
config :mme,
  mme_s10: %{
    # :dns_lookup 通过 S-NAPTR 解析目标 TAI（x-3gpp-mme:x-s10）；
    # :random_peer 使用下面的静态对等方列表。
    selection_method: :dns_lookup,
    dns: [
      %{
        server: "192.0.2.53",
        domain: "3gppnetwork.org"
      }
    ],
    peers: [
      %{
        ip: "192.0.2.30",
        host:
"mmec01.mmegi8001.mme.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
        port: 2123
      }
    ],
    # 对于解析到没有可达对等方的外部 GUTI 的负缓存窗口。
    unresolvable_guti_backoff_seconds: 30,
    # 准备切换时等待前向重定位响应的时间。
    handover_request_timeout_ms: 1500
  }
```

参数	类型	必需	描述
`selection_method`	原子	是	`:dns_lookup` 过 S-NAPTR 将目标 TAI 解析为邻居 MME（`x-3gpp-mme:x-s10`，TS 29.303 §5.4）；`:random_peer` 使用静态 `peers` 列表。
`dns`	列表	否	DNS 解析器，当 `selection_method` 为 `:dns_lookup` 时使用。使用 `server` 和 `domain`，如 DNS 参数 所述。
`peers`	列表	否	静态邻居 MME 列表，当 `selection_method` 为 `:random_peer`（或作为后备）时使用。每个条目：`ip`、`host`（MME 节点 FQDN）、`port`（S10 GTP-C 端口，常为 2123）。
`unresolvable_guti_backoff_seconds`	整数	否（默认 `30`）	对于解析到没有可达邻居 MME（也没有源 SGSN 过 S3）的外部 GUTI，负缓存的时间。缓存期间，持续重新发送相同不可解析 GUTI 的 UE 会立即被拒绝（TAU 拒绝），而无需重新运行对等发现，防止重试的 UE 在每次尝试时重新触发上下文请求信令。
`handover_request_timeout_ms`	整数	否（默认 `1500`）	准备出站 S1 ��换时等待前向重定位响应的时间。故意比一般

参数	类型	必需	描述
			GTPv2-C T3 短：源 eNB 在其 `tS1relocprep` 计时器到期时放弃切换准备（在典型 RAN 中为 2 秒，参见 TS 36.413 §8.4.1），因此即将失败的重定位必须在该窗口内失败，以便 MME 的切换准备失败及时到达 eNB。这是整个预算 - 请求仅发送一次，永不重传，因为目标 MME 为每个收到的副本构建 UE 上下文和目标 SGW 会话 - 因此它还必须留出空间以便于 □□ 的重定位，目标仅在其自己的创建会话和目标 eNB 的切换请求/确认之后才会作出回应。如果 RAN 的 `tS1relocprep` 超过 2 秒，请提高此值；如果短于 2 秒，请降低此值。仅适用于切换路径：空闲模式上下文请求和会话管理保持较长的 T3。

目标 MME 选择永远不会返回此 MME 自身的 S10 地址，无论使用哪种方法：向自身发送前向重定位请求永远无法完成，并且由 MME 池服务的跟踪区域否则解析为包括此节点的候选列表。识别“自身”依赖于 GTPv2-C `listen_ip` 是此节点的真实地址，而不是□配符绑定 - 这在任何情况下都是 MME 之间的切换所需，因为相同的值作为源 MME F-TEID 发送。

S10 服务共享在 GTPv2-C (S11) 下配置的 GTPv2-C 监听器。对于 EPS↔5GS 的互□，目标 AMF 的发现□过 N26 使用 `x-3gpp-amf:x-n26` 和相同的 DNS 解析器。

GTP-C 路径监督

主动 GTP-C 路径管理（TS 29.274 §7.2.1）：MME 定期对每个与其 S11 会话的 SGW 进行回显，并在连续错过足够次数后，声明路径失效并释放在那里锚定的过期会话。

```
config :mme,
  gtpc_path_supervision: %{
    enabled: true,
    interval_ms: 60_000,
    failure_threshold: 3
  }
```

参数	类型	默认	描述
`enabled`	布尔值	`false`	当 `true` 时，MME 主动对等方进行回显并在路径故障时释放会话。选择加入：过于激进的间隔/阈值可能会在瞬态波动中丢失活动会话。MME 始终 □□ 入站回显请求，无论此设置如何。
`interval_ms`	整数	`60000`	向每个对等方发送回显请求的间隔，以毫秒为单位。
`failure_threshold`	整数	`3`	连续错过的回显响应次数，路径被声明为失效。

Diameter (S6a / S13 / SLg)

OmniMME □过 Diameter 连接到 HSS (S6a)、EIR (S13) 和 GMLC (SLg，用于位置服务)，□常□过 Diameter 路由代理 (DRA)。

```
config :diameter_ex,
  diameter: %{
    service_name: :omnitouch_mme,
    listen_ip: "192.0.2.10",
    listen_port: 3868,
    host: "mme01.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
    realm: "epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
    product_name: "OmniMME",
    request_timeout: 5000,
    peer_selection_algorithm: :random,
    allow_undefined_peers_to_connect: true,
    log_unauthorized_peer_connection_attempts: true,
    control_module: Mme.Control.Diameter,
    processor_module: DiameterEx.Processor,
    auth_application_ids: [],
    acct_application_ids: [],
    vendor_id: 10415,
    supported_vendor_ids: [5535, 10415],
    applications: [ ... ],
    peers: [ ... ]
  }
```

Diameter □□□□□

□□	□□	□□	□□	
`service_name`	□□	□	-	Diamete□□□□□□□
`listen_ip`	□□□	□	-	OmniMM Diamete
`listen_port`	□□	□	`3868`	Diamete□□□□□□□ 6733□
`host`	□□□	□	-	□□□□ Di □Origin- □□□□□□
`realm`	□□□	□	-	Diamete Realm A Diamete
`product_name`	□□□	□	-	□□□□□□□ ��□□□
`request_timeout`	□□	□	`5000`	□□□□□□□ □□□□□ S
`peer_selection_algorithm`	□□	□	`:random`	□□□□□□□ □□□□□ `:`
`allow_undefined_peers_to_connect`	□□□	□	`false`	□ `true` □□□□□□□ □□

□□	□□	□□	□□	
`log_unauthorized_peer_connection_attempts`	□□□□	□	`true`	□□□□ `pe` □□□□□□□□
`control_module`	□□	□	-	□□□□□ D□ □□□□ Or `Mme.Cor`
`processor_module`	□□	□	-	Diamete OmniMM `Diamete`
`auth_application_ids`	□□	□	`[]`	□□□□□□□□ □□□□□□□□
`acct_application_ids`	□□	□	`[]`	□□□□□□□□
`vendor_id`	□□	□	-	3GPP □□
`supported_vendor_ids`	□□	□	`[]`	□ CER/C ID□□□□ `5535`□3
`applications`	□□	□	-	Diamete □□□□□□
`peers`	□□	□	`[]`	□□□□□□□□ □□□□□

应用程序参数

参数	类型	必需	描述
`application_name`	原子	是	应用程序的内部名称（例如 `:s6a`、`:s13`、`:slg`）。
`application_dictionary`	原子	是	Erlang Diameter 字典模块（例如 `:diameter_gen_3gpp_s6a`）。
`vendor_specific_application_ids`	列表	是	供应商特定应用 ID 声明。每个条目：`vendor_id`、`auth_application_id`、`acct_application_id`。

支持的 **Diameter** 应用程序：

应用程序名称	认证应用 **ID**	接口	参考
`:s6a`	`16777251`	S6a — MME ↔ HSS 认证和订阅	TS 29.272
`:s13`	`16777252`	S13 — MME ↔ EIR 设备身份检查	TS 29.272
`:slg`	`16777255`	SLg — MME ↔ GMLC 位置服务 (PLR/LRR)	TS 29.172
`:t6a`	`16777346`	T6a — MME ↔ SCEF CIoT 非 IP 数据传输（字典 `:diameter_gen_3gpp_t6a`）	TS 29.128

仅声明您使用的应用程序。`:slg` 是 位置服务 功能所需；当 S13 设备检查为 `enabled` 时，`:s13` 是必需的；`:t6a` 是 NIDD / 控制平面 CIoT 所需的。

Diameter □□□□

□□	□□	□□	□□	□□
`host`	□□□	□	-	□□□□ Diameter □□ □Origin-Host□□□□□□□□□ □□□□□□□□□ CEA □□□
`realm`	□□□	□	-	□□□□ Diameter □□□
`ip`	□□□	□	-	□□□□/□□□ IP □□□
`port`	□□	□	`3868`	□□□□ Diameter □□□
`tls`	□□□	□	`false`	□□□□□□□□□ TLS□
`transport`	□□	□	`:diameter_tcp`	`:diameter_tcp` □ `:diameter_sctp`□□□ RFC 6733 §2.1□SCTP □ Diameter □□□□
`initiate_connection`	□□□	□	`false`	□ `true` □□OmniMME □□ □□□□□□□□□□ `false` □□□ □□□□□□□□□□□□□□□ DRA □ □□□ `true`□

GTPv2-C (S11)

S11 接口将 OmniMME 连接到服务网关，以进行会话和承载生命周期管理。此 GTPv2-C 服务还承载 S10 互 MME 接口。

```
config :gtpc,
  service: %{
    name: :s11,
    listen_ip: "192.0.2.10",
    listen_port: 2123,
    control_module: Mme.Control.Gtpc,
    t3: 5000,
    n3: 3
  }
```

参数	类型	必需	默认值	描述
`name`	原子	是	-	接口名称标识符。必须为 `:s11`。
`listen_ip`	字符串	是	-	GTPv2-C 绑定的 IP 地址。必须是特定接口 IP — 不能是 `0.0.0.0`。SGW 和邻近 MME 在此发送响应。
`listen_port`	整数	否	`2123`	GTPv2-C 的 UDP 端口。标准端口为 2123，参见 TS 29.274。
`control_module`	模块	是	-	处理解码 GTP-C 消息的模块。对于 OmniMME，这是 `Mme.Control.Gtpc`。
`t3`	整数	否	`5000`	T3-RESPONSE 定时器（毫秒）。在重新传输之前等待 GTPv2 响应的时间。
`n3`	整数	否	`3`	在事务被视为失败之前的 N3 重传计数。

小区广播（SBc）

SBc 接口（通过 SCTP 的 SBc-AP）将 OmniMME 连接到小区广播中心（CBC），用于公共警报系统消息 — ETWS 和 CMAS / 写替换警告（TS 29.168）。启用时，MME 接受来自 CBC 的写替换警告 / 停止警告，并将其转发给服务于目标警告区域的 eNB。

```
config :mme, :sbc,
  enabled: true,
  port: 29168,
  indication_timeout: 10_000
```

参数	类型	默认值	描述
`enabled`	布尔	`false`	当为 `true` 时，OmniMME 打开 SBc-AP SCTP 监听器并处理警告消息。
`port`	整数	`29168`	SBc-AP 监听器的 SCTP 端口。
`indication_timeout`	整数	`10000`	在将写替换警告指示发送回 CBC 之前，等待 eNB 确认的毫秒数。

SBc 监听器绑定主 `s1ap.listen_ip` 和任何 `secondary_bind_ips`。

位置服务（E-SMLC / SLs）

SLs 接口（通过 SCTP 的 LCS-AP）将 OmniMME 连接到 E-SMLC 进行控制平面定位（TS 29.171），与 SLg Diameter 应用程序一起使用，以响应 GMLC 位置请求。启用时，MME 在 E-SMLC、eNB 和 UE 之间中继 LPPa/LPP 定位，并公开 位置服务控制面板页面。

```
config :mme, :esmlc,
  enabled: true,
  sls_port: 9082
```

参数	类型	默认值	描述
`enabled`	布尔	`false`	当为 `true` 时，OmniMME 打开 SLs (LCS-AP) SCTP 监听器并处理定位请求。需要为 GMLC 发起的请求声明 `:slg` Diameter 应用程序。
`sls_port`	整数	`9082`	SLs (LCS-AP) 监听器的 SCTP 端口。

SLs 监听器绑定主 `s1ap.listen_ip` 和任何 `secondary_bind_ips`。

NIDD / 控制平面 CIoT (T6a)

非 IP 数据传递 (NIDD) 允许蜂窝 IoT / NB-IoT 设备□过控制平面 CIoT EPS 优化交换小型非 IP 数据，转发到 SCEF，□过 T6a Diameter 接口（TS 29.128 / TS 23.682）。同样的优化还承载 NB-IoT **IP** 数据，MME 在 S11-U 终止用户平面。有关完整功能描述，请参见 NIDD & T6a 接口 指南。默认情况下禁用 — 如果没有 `:nidd` 配置，MME 不会宣传控制平面 CIoT 支持，并表现得像一个非 CIoT MME。

```
config :mme, :nidd,
  enabled: true,
  s11u_ip: "10.7.25.185"
```

参数	类型	默认值	描述
`enabled`	布尔	`false`	当为 `true` 时，OmniMME 在 EPS 网络功能支持中宣传控制平面 CIoT 支持，并为 CIoT 设备提供非 IP PDN 连接（和 NB-IoT IP-over-S11-U）。
`s11u_ip`	字符串	S11 GTP-C `listen_ip`	MME 的 S11-U GTP-U 端点（UDP 2152）的 IP 地址，用于 NB-IoT IP 数据。默认为 GTPv2-C (S11) 的 `listen_ip`。

启用 NIDD 还需要:

- 在 `applications` 列表中声明 `:t6a` Diameter 应用程序，并且 SCEF 可作为 Diameter 对等体访问（直接或□过 DRA）。请参见 支持的 Diameter 应用程序。
- 在 **HSS** 订阅中配置非 IP APN：一个 APN-Configuration，`PDN-Type = Non-IP (4)` 和一个 `SCEF-ID`。

控制面板

控制面板是一个实时 Web UI，供操作员检查和管理 UE、eNodeB、Diameter 对等体、位置服务和互 MME 切换。

```
config :control_panel,
  page_order: ["/ues", "/enodebs", "/diameter", "/application",
"/configuration"]

config :control_panel, ControlPanelWeb.Endpoint,
  url: [host: "0.0.0.0", path: "/"],
  https: [
    port: 10443,
    keyfile: "priv/cert/omnitouch.pem",
    certfile: "priv/cert/omnitouch.crt"
  ]
```

一般参数:

参数	类型	必需	描述
`page_order`	列表	否	侧边导航条目的有序列表。确定控制面板中的左侧导航顺序。

端点参数:

参数	类型	必需	默认值	描述
`url.host`	字符串	否	`"0.0.0.0"`	HTTPS 监听器的绑定地址。
`url.path`	字符串	否	`"/"`	控制面板的 URL 路径前缀。
`https.port`	整数	是	-	控制面板的 HTTPS 端口。
`https.keyfile`	字符串	是	-	TLS 私钥文件的路径（PEM 格式）。
`https.certfile`	字符串	是	-	TLS 证书文件的路径（PEM 格式）。

REST API

REST API 提供对 UE、eNodeB、Diameter、SGW 对等体和 S10 上下文的程序化访问，以及 UE/eNB/GUTI/卸载操作。交互式 OpenAPI 文档可在 `/api/swagger` 获得。有关端点目录，请参见 操作指南。

```
config :api_ex,
  api: %{
    port: 8443,
    listen_ip: "0.0.0.0",
    product_name: "OmniMME",
    title: "API - OmniMME",
    hostname: "localhost",
    enable_tls: true,
    tls_cert_path: "priv/cert/omnitouch.crt",
    tls_key_path: "priv/cert/omnitouch.pem"
  }
```

□□	□□	□□	□□□	□□
`port`	□□	□	-	REST API □ HTTPS □□□
`listen_ip`	□□□	□	`"0.0.0.0"`	□□ API □□□□ IP □□□
`product_name`	□□□	□	-	OpenAPI □□□□□□□□□□□□□
`title`	□□□	□	-	□ OpenAPI / Swagger UI □□□□□ □□
`hostname`	□□□	□	-	□□□□ OpenAPI □□□□ API □□ URL □□□□□
`enable_tls`	□□	□	`true`	□ API □□ HTTPS□□□ `false` □□ API □□□□ HTTP□□□□□□□□□□□□
`tls_cert_path`	□□□	□ TLS	-	TLS □□□□□□□□PEM □□□□
`tls_key_path`	□□□	□ TLS	-	TLS □□□□□□□□PEM □□□□

日志记录

OmniMME □过 `OmniLogger` 发出结构化 JSON 日志。可以在 `:logger` 下配置默认格式化程序（并可选择性地配置旋转文件处理程序）。

```
config :logger, :default_formatter,
  format: {OmniLogger.JsonFormatter, :format},
  metadata: :all
```

参数	类型	描述
`format`	元组	格式化程序 MFA。使用 `{OmniLogger.JsonFormatter, :format}` 进行结构化 JSON 日志（每行一个对象）。
`metadata`	原子 | 列表	要包含的元数据键；`:all` 会发出每个键。

可以□过 `config :logger, :default_handler, ...` 添加旋转文件处理程序（`file`、`max_no_bytes`、`max_no_files`、`compress_on_rotate`��。在生产环境中，日志目标在 `/etc/omnimme/` 下管理。

完整□置示例

以下是一个完整的、带注释的 `runtime.exs`，适合作为起始点。将所有占位符值替换为您网络的实际地址和标识符。

```
import Config

config :mme,
  # 节点标识
  mme_name: "omnimme",
  operator_name: "MyNet",
  country: "Australia",
  network_name_short: "MyNet",
  network_name_long: "My Network",
  timezone: "Australia/Sydney",
  default_apn: "internet",
  apn_oi_domain: :gprs,   # APN-OI 后缀形式 (:gprs / :epc / :none)

  # 容量和身份
  mme_capacity: 128,
  home_plmn: %{mcc: "505", mnc: "01"},
  emergency_support_enabled: false,

  # NAS 定时器
  t3412: 3240,  # 周期性 TAU 间隔，秒（54 分钟）
  t3485: 8,     # 承载上下文重传，秒
  t3346: 600,   # EMM 拥塞退避，秒
  t3396: 600,   # ESM 拥塞退避，秒

  # NAS 安全策略（最强优先）。默认情况下加密关闭（EEA0）；
  # 仅实现 EEA0 和 EEA2。列出 [:eea2, :eea0] 以启用 EEA2。
  nas_security: %{
    ciphering: [:eea0],
    integrity: [:eia2, :eia1, :eia3]
  },

  # 扩展空闲模式 DRX
  edrx_enabled: false,

  # MPS 订阅者的寻呼优先级（省略以禁用）
  # paging_priority_arp_threshold: 8,

  # 拒绝原因覆盖（问题 #26）
  emm_cause_mapping: %{},
  esm_cause_mapping: %{},

  # 设备身份检查
  s13: %{
```

```
    enabled: true,
    allowed_equipment_status: [:whitelist, :greylist]
  },

  # S1AP 监听器（可选多宿主）
  s1ap: %{
    listen_ip: "192.0.2.10",
    listen_port: 36412
    # secondary_bind_ips: ["192.0.2.11"]
  },

  # GUMMEI — 调整 group_id 和 code 以匹配您的 MME 池计划
  served_gummei: [
    %{
      plmn_list: [%{mcc: "505", mnc: "01"}],
      group_id: 1,
      code: 1
    }
  ],

  # 此 MME 服务的跟踪区域
  served_tai: [
    %{
      plmn: %{mcc: "505", mnc: "01"},
      tac_list: [1, 2, 3]
    }
  ],

  # 网关选择
  dns_ip_version: :ipv4,
  sgw: %{
    selection_method: :random_peer,
    peers: [
      %{ip: "192.0.2.20", host:
"sgw01.mnc001.mcc505.3gppnetwork.org", port: 2123, type: :home}
    ]
  },
  pgw: %{
    selection_method: :random_peer,
    peers: [
      %{ip: "192.0.2.30", host:
"pgw01.mnc001.mcc505.3gppnetwork.org", port: 2123, type:
:home_and_roaming}
    ]
```

```
  },

  # 邻近 MME (S10) 发现用于互 MME 切换 / 外国 GUTI TAU
  mme_s10: %{
    selection_method: :dns_lookup,
    dns: [%{server: "192.0.2.53", domain: "3gppnetwork.org"}],
    peers: [
      %{ip: "192.0.2.50", host:
"mmec01.mmegi8001.mme.epc.mnc001.mcc505.3gppnetwork.org", port:
2123}
    ]
  },

  # 活动 GTP-C 路径监督（选择加入）
  gtpc_path_supervision: %{enabled: false, interval_ms: 60_000,
failure_threshold: 3}

# 公共警报系统 (ETWS / CMAS) 通过 SBc
config :mme, :sbc,
  enabled: true,
  port: 29168

# 控制平面定位 (LCS) 通过 SLs 到 E-SMLC
config :mme, :esmlc,
  enabled: false,
  sls_port: 9082

config :diameter_ex,
  diameter: %{
    service_name: :omnitouch_mme,
    listen_ip: "192.0.2.10",
    listen_port: 3868,
    host: "mme01.epc.mnc001.mcc505.3gppnetwork.org",
    realm: "epc.mnc001.mcc505.3gppnetwork.org",
    product_name: "OmniMME",
    request_timeout: 5000,
    peer_selection_algorithm: :random,
    allow_undefined_peers_to_connect: true,
    log_unauthorized_peer_connection_attempts: true,
    control_module: Mme.Control.Diameter,
    processor_module: DiameterEx.Processor,
    auth_application_ids: [],
    acct_application_ids: [],
    vendor_id: 10415,
```

```
    supported_vendor_ids: [5535, 10415],
    applications: [
      %{
        application_name: :s6a,
        application_dictionary: :diameter_gen_3gpp_s6a,
        vendor_specific_application_ids: [
          %{vendor_id: 10415, auth_application_id: 16_777_251,
acct_application_id: nil}
        ]
      },
      %{
        application_name: :s13,
        application_dictionary: :diameter_gen_3gpp_s13,
        vendor_specific_application_ids: [
          %{vendor_id: 10415, auth_application_id: 16_777_252,
acct_application_id: nil}
        ]
      },
      %{
        application_name: :slg,
        application_dictionary: :diameter_gen_3gpp_slg,
        vendor_specific_application_ids: [
          %{vendor_id: 10415, auth_application_id: 16_777_255,
acct_application_id: nil}
        ]
      }
    ],
    peers: [
      %{
        host: "dra01.epc.mnc001.mcc505.3gppnetwork.org",
        realm: "epc.mnc001.mcc505.3gppnetwork.org",
        ip: "192.0.2.40",
        port: 3868,
        tls: false,
        transport: :diameter_sctp,
        initiate_connection: true
      }
    ]
  }

config :gtpc,
  service: %{
    name: :s11,
    listen_ip: "192.0.2.10",
```

```
    listen_port: 2123,
    control_module: Mme.Control.Gtpc,
    t3: 5000,
    n3: 3
  }

config :control_panel,
  page_order: ["/ues", "/enodebs", "/diameter", "/application",
"/configuration"]

config :control_panel, ControlPanelWeb.Endpoint,
  url: [host: "0.0.0.0", path: "/"],
  https: [
    port: 10443,
    keyfile: "/etc/omnimme/certs/server.pem",
    certfile: "/etc/omnimme/certs/server.crt"
  ]

config :api_ex,
  api: %{
    port: 8443,
    listen_ip: "0.0.0.0",
    product_name: "OmniMME",
    title: "API - OmniMME",
    hostname: "mme01.example.com",
    enable_tls: true,
    tls_cert_path: "/etc/omnimme/certs/server.crt",
    tls_key_path: "/etc/omnimme/certs/server.pem"
  }

config :logger, :default_formatter,
  format: {OmniLogger.JsonFormatter, :format},
  metadata: :all
```

OmniMME 指标参考

OmniMME 暴露 Prometheus 指标，用于 MME 控制平面活动和 BEAM VM 健康状况。

抓取

属性	值
端点	`http://<mme-host>:9568/metrics`
导出器	`TelemetryMetricsPrometheus`（在 `Mme.Web.Supervisor` 中启动）
格式	Prometheus 文本展现

命名：指标在内部定义为点分隔的名称（例如 `mme.attach.count`）；Prometheus 导出器将这些名称呈现为下划线（例如 `mme_attach_count`）。本文档中始终使用 Prometheus（下划线）名称。

标签默认值：每个计数器/分布标签在任何未设置它的发出位置默认值为 `none`。因此，像 `mme_attach_count` 这样的指标始终携带其完整的标签集；对于特定事件不适用维度显示为 `none` 而不是缺失。

MME 计量器

即时值，定期从实时 MME 状态重新计算。

指标	标签	描述
`mme_ue_count`	—	拥有有效 IMSI 的总 UE 上下文（连接 + 空闲 + 保留）。
`mme_ue_connected_count`	—	处于 ECM-CONNECTED 状态的 UE 上下文。
`mme_ue_idle_count`	—	处于 ECM-IDLE 状态的 UE 上下文（可过寻呼访问）。
`mme_bearer_count`	`bearer_type`	按 `default` / `dedicated` 分类的活动 EPS 承载。
`mme_session_count`	`apn`	按 APN 分类的活动 PDN 会话。
`mme_session_emergency_count`	—	活动紧急 PDN 会话。
`mme_session_unauthenticated_count`	—	持有 PDN 会话的有限服务（无 IMSI）UE 上下文。
`mme_esm_procedure_pending_count`	`procedure_type`	按类型（泄漏检测器）分类的进行中的 ESM 程序。
`mme_timer_active_count`	—	已调度但尚未触发的 MME 定时器（泄漏检测器）。
`mme_sgw_session_count`	`sgw`	当前在每个 S-GW 上的会话（实时负载分配）。

指标	标签	描述
`mme_pgw_session_count`	`pgw`	当前在每个 P-GW 上的会话（实时负载分配）。
`mme_enb_connected_count`	—	与 S1 关联的连接 eNB。
`mme_sctp_association_count`	`state`	ﷺ eNB S1 状态分组的 SCTP 关联。
`mme_s1ap_enb_status`	`ip`, `enb_id`	每个 eNB 的 S1 状态：`1` 连接，`0` 断开。

示例查询：

```
# 连接 / 总比率
mme_ue_connected_count / mme_ue_count

# 任何断开的 eNB
mme_s1ap_enb_status == 0

# 可能的 ESM 程序泄漏：待处理程序上升
rate(mme_esm_procedure_pending_count[15m]) > 0
```

EMM 程序计数器

指标	标签	描述
`mme_attach_count`	`result`, `via`, `cause`	EPS 附加结果。`result` = 尝试/成功/拒绝；`via` = 身份类型；`cause` 在拒绝时。
`mme_tau_count`	`result`, `via`, `type`, `cause`	跟踪区域更新结果，按结果、身份类型和 TAU `type`（周期性/移动/组合）。
`mme_service_request_count`	`result`, `cause`	服务请求 / 扩展服务请求结果。
`mme_detach_count`	`initiator`, `type`, `cause`	按 `initiator`（ue/mme/hss/sgw_pgw）和类型的分离件。
`mme_auth_count`	`result`, `cause`	认证结果；`cause` = mac_failure/synch_failure/timeo在失败时。
`mme_security_mode_count`	`result`, `cause`	NAS 安全模式命令结果（完成/拒绝）。
`mme_identity_count`	`result`	身份程序结果。

```
# 5分钟内的附加成功率
sum(rate(mme_attach_count{result="success"}[5m]))
  / sum(rate(mme_attach_count{result="attempt"}[5m]))

# 按原因的认证失败
sum by (cause) (rate(mme_auth_count{result="failure"}[5m]))
```

ESM 程序计数器

指标	标签	描述
`mme_pdn_connectivity_count`	`result`, `apn`, `cause`	PDN 连接结果；`cause` 捕获 PDN 类型覆盖/拒绝。
`mme_pdn_disconnect_count`	`initiator`, `apn`	按发起者和 APN 的 PDN 断开事件。
`mme_bearer_activation_count`	`bearer_type`, `initiator`, `result`, `cause`	EPS 承载激活。
`mme_bearer_deactivation_count`	`bearer_type`, `initiator`, `result`, `cause`	EPS 承载停用。
`mme_bearer_modification_count`	`result`, `cause`	承载修改（更新承载 / 修改 EPS 承载上下文）结果。
`mme_esm_procedure_timeout_count`	`procedure_type`	按程序类型的 ESM T3485 超时。

节点选择计数器

指标	标签	描述
`mme_sgw_selection_count`	`sgw`, `result`	每个会话的 S-GW 选择，按选择的 S-GW 和结果。
`mme_pgw_selection_count`	`pgw`, `apn`, `result`	每个会话的 P-GW 选择，按选择的 P-GW、APN 和结果。
`mme_mme_peer_selection_count`	`result`	目标 MME（S10）发现结果（`x-3gpp-mme:x-s10`）��?
`mme_amf_selection_count`	`result`	目标 AMF（N26）发现结果（`x-3gpp-amf:x-n26`）。

DNS 指标

用于 SGW/PGW/MME/AMF 选择的 S-NAPTR / DNS 解析（TS 29.303）。

□□	□□	□□	
`mme_dns_query_count`	□□□	`query_type`, `result`, `purpose`	□□□□□□□□□ □□□□□□□ D
`mme_dns_query_duration_milliseconds`	□□□	`query_type`, `result`, `purpose`	□□□□□□□□□
`mme_dns_answer_records`	□□□	`query_type`, `purpose`	□□□□□□□□□ □□□□□ 0,1,2,3,5,
`mme_dns_resolution_count`	□□□	`purpose`, `result`	□□□ S-NA □ = □□/□□
`mme_dns_resolution_duration_milliseconds`	□□□	`purpose`	□□□ S-NA □□□□

GTP-C (S11) □□

□□	□□	□□	□□
`mme_gtpc_message_count`	□□□	`direction`, `message_type`	□□□□□□□□ GTP-C S11 □□□
`mme_gtpc_request_duration_milliseconds`	□□□	`message_type`	□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□ □□ ���□□
`mme_gtpc_timeout_count`	□□□	`message_type`	□□□□□□□□ GTP-C □□□
`mme_gtpc_handler_crash_count`	□□□	`message_type`	□□ GTP-C □□□□□□□□□□ □□□
`mme_gtpc_echo_count`	□□□	`direction`	□□□□/□□□□ □□□S11 □□ □□□□□
`mme_gtpc_modify_bearer_response_count`	□□□	`result`, `procedure`, `cause`	□□□□□□□□□□ `result` = □□/□□/□□ □`partial` = GTP-C □ □ 17□□ `procedure` = □□□□□□□ `cause` = GTP-C □□□

□□	□□	□□	□□
`mme_gtpc_peer_restart_count`	□□□	—	□□□□□□□□□□□□ S-GW □□□□□TS 23.007 §18□□
`mme_gtpc_path_failure_count`	□□□	—	□□□□□□□□□□□□ S11 □□□□□TS 29.274 §7.2.1□□

Diameter S6a □□

□□	□□	□□	□□
`mme_s6a_request_count`	□□□	`command`, `result_code`	□□□□ Diame□ □ MME □□□ S□AIR/ULR/PU
`mme_s6a_request_duration_milliseconds`	□□□	`command`	□ HSS □ S6a
`mme_s6a_server_initiated_count`	□□□	`command`, `result`	□□□□□□□ HS□ S6a □□ □CLR/IDR/DS

```
# S6a (HSS) □□ p95 □ 5 □□□
histogram_quantile(0.95,
  sum by (le, command)
(rate(mme_s6a_request_duration_milliseconds_bucket[5m])))
```

S1AP 指标

指标	标签	描述
`mme_s1ap_message_count`	`direction`, `message_type`, `enb_id`	按方向、类型和 eNB 的 S1AP 息。
`mme_s1ap_degraded_ie_count`	`message_type`, `ie`, `criticality`, `reason`, `enb_id`	编解码器无法处理的 S1AP IEs。`reason=unknown_ie` [MME 不知道的 IE（TS 36.4 §10.3.2）；`reason=shaping_fai` 是编解码器限制留下的原始 ASN.1
`mme_s1ap_encode_failure_count`	`message_type`, `enb_id`	S1AP 编码失败。
`mme_s1ap_error_indication_count`	`cause`, `enb_id`	来自 eNB 的 S1AP 错误指示。
`mme_s1ap_setup_count`	`result`, `enb_id`	S1 设置结果（eNB 上线）。
`mme_s1ap_reset_count`	`direction`, `enb_id`	S1AP 重置 / 重置确认。
`mme_erab_setup_count`	`result`, `cause`, `enb_id`	E-RAB 设置结果。
`mme_erab_release_count`	`result`, `cause`, `enb_id`	E-RAB 释放结果。

指标	标签	描述
`mme_initial_context_setup_count`	`result`, `enb_id`	初始上下文设置结果。

移动与寻呼指标

指标	标签	描述
`mme_paging_count`	`result`, `stage`	寻呼事件；`result` = 尝试/成功，`stage` = 寻呼程序阶段（S-TMSI / IMSI）。
`mme_handover_count`	`kind`, `direction`, `result`	按 `kind`（x2/s1/s10/n26/offload）、方向和结果的切换。

MME 之间 / 系统间发现计数器列在 节点选择 下（`mme_mme_peer_selection_count`, `mme_amf_selection_count`）。

直方图桶

所有 `*_duration_milliseconds` 直方图共享这些延迟桶（毫秒）：

```
1, 5, 10, 25, 50, 100, 250, 500, 1000, 2500, 5000, 10000
```

`mme_dns_answer_records` 使用计数桶 `0, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 50`。

BEAM VM 指标

OmniMME 导出 BEAM 运行时指标，用于容量规划和诊断内存或进程泄漏。所有内存指标以字节为单位。

指标	描述
`beam_memory_total`	BEAM VM 分配的总内存（所有类别）。
`beam_memory_processes`	分配给 Erlang 进程的内存（堆、栈、邮箱）。
`beam_memory_processes_used`	进程堆中实际使用的内存。
`beam_memory_system`	BEAM 系统使用的内存（代码、ETS、原子等）。
`beam_memory_atom`	为原子表分配的内存（已使用 + 保留）。
`beam_memory_atom_used`	原子实际使用的内存。
`beam_memory_binary`	堆外（引用计数）二进制内存。持续上升可能表示二进制泄漏。
`beam_memory_code`	加载的 BEAM 模块代码使用的内存。□常在启动后保持稳定。
`beam_memory_ets`	ETS 表使用的内存。OmniMME 在 ETS 中存储 UE/eNB 上下文，因此随着用户数量的增加而增长。
`beam_processes_count`	正在运行的 Erlang 进程数量。持续上升可能表示进程泄漏。
`beam_ports_count`	打开的 Erlang 端口数量（套接字、文件描述符）。大致跟踪活动的 SCTP/TCP 连接。
`beam_atom_count`	原子表中的总原子。原子永远不会被 GC 回收 — 增长的数量表示动态原子创建（泄漏）。
`beam_vm_uptime`	自 BEAM VM 启动以来的秒数。

```
# ETS 内存占总内存的百分比
beam_memory_ets / beam_memory_total * 100

# 意外重启（运行时间重置接近零）
beam_vm_uptime < 300
```

□□□□

□□	□□□	□□□
eNB □□	`mme_s1ap_enb_status == 0`	□□
□□□□□□□□□ UE □□	`mme_ue_connected_count == 0`	□□
□□□□□□□□	`sum(rate(mme_attach_count{result="success"}[5m])) / sum(rate(mme_attach_count{result="attempt"}[5m])) < 0.9`	□□
HSS (S6a) □□□□	`sum(rate(mme_s6a_request_count{result_code!~"2.*"}[5m])) > 0`	□□
GTP-C □□□□	`increase(mme_gtpc_path_failure_count[5m]) > 0`	□□
GTP-C □□□□□□□	`increase(mme_gtpc_handler_crash_count[5m]) > 0`	□□
ESM □□□□	`mme_esm_procedure_pending_count > 100`	□□
□□□□□□	`beam_memory_total > 3221225472`	□□
□□□□□□□	`beam_processes_count > 50000`	□□

□□	□□□	□□□
□□□ BEAM □□	`beam_vm_uptime < 120`	□□
□□□□□	`deriv(beam_atom_count[10m]) > 100`	□□

NIDD 与 T6a/T6b 接口 — CIoT 的非 IP 数据传输

非 **IP** 数据传输 **(NIDD)** 允许蜂窝物联网 (CIoT / NB-IoT) 设备与应用服务器交换小型非 **IP** 数据，而无需分配 **IP** 地址。数据通过 NAS 信令平面（控制平面 **CIoT EPS** 优化）在用户设备 (UE) 和移动管理实体 (MME) 之间传输，MME 将其通过 **T6a** Diameter 接口转发给服务能力暴露功能 **(SCEF)**。

该接口在 3GPP TS 29.128 中定义（T6a/T6b Diameter 应用，应用 ID **16777346**），相关程序在 3GPP TS 23.682 §5.13 中说明。NAS 数据传输使用 3GPP TS 24.301 的 ESM 数据传输消息。

> 可选，默认禁用。在没有 `:nidd` 配置的情况下，MME 不会宣传控制平面 CIoT 支持，非 IP PDN 连接不会通过 T6a 提供。非 CIoT MME 的行为与之前完全相同。

目录

- 架构
- 连接建立
- 移动发起的数据
- 移动终止的数据
- 配置
- 支持的范围和限制

架构

```
        NAS (ESM DATA TRANSPORT)          T6a / TS 29.128 (Diameter)
  UE  <----------------------------> MME <------------------------> SCEF <----> SCS/AS
        控制平面 CIoT 优化      CMR/CMA   ODR/ODA   TDR/TDA
```

非 IP PDN 连接没有 **PGW**，没有 **SGW**，也没有 **GTP-U** 隧道。相反，MME 持有一个无隧道的非 IP PDN 会话，该会话通过 **SCEF-ID** 和 MME 为 T6a 连接分配的 Diameter **Session-Id** 绑定到 SCEF。

MME 是 SCEF 的 Diameter 对等体（直接或□过 DRA）。承载 S6a/S13 的同– Diameter 服务也承载 T6a — 应用 `:t6a` 与 `:s6a` 一起注册。

连接建立

(TS 23.682 §5.13.1) 当 UE 以 **PDN** 类型 **"非 IP"** 附着，并且该 APN 的订阅 APN 配置携带 **PDN-Type = Non-IP (4)** 以及 **SCEF-ID**（"Invoke SCEF Selection" 指示符的阶段 3 编码）时，MME — 而不是向 PGW 发送 GTP-C 创建会话 — 向 SCEF 发送 连接管理请求 **(CMR)**：

AVP	值
`Connection-Action`	`CONNECTION_ESTABLISHMENT (0)`
`Service-Selection`	APN（例如 `non-ip`）
`User-Identifier`	`{ User-Name = IMSI }`
`Bearer-Identifier`	分配的 EPS 承载标识
`Destination-Host` / `-Realm`	从订阅的 SCEF-ID 派生

在成功的 连接管理应答 **(CMA, Result-Code 2001)** 后，MME 记录非 IP PDN 会话，并在 EPS 网络功能支持的附着接受中向 UE 宣传 控制平面 **CIoT EPS** 优化。当 PDN 连接被拆除时，连接将□过携带 `CONNECTION_RELEASE (1)` 的 CMR 释放，SCEF 发起的 CMR 释放也会被接受。

移动发起的数据

(TS 23.682 §5.13.4) UE 在 NAS **ESM** 数据传输（消息类型 `0xEB`）用户数据容器中发送非 IP 数据。MME 将其转发给 SCEF 作为 T6a 移动发起数据请求 **(ODR)**，其 **`Non-IP-Data`** AVP 是逐字的有效载荷。

```
UE --ESM DATA TRANSPORT(user data)--> MME --ODR(Non-IP-Data)-->
SCEF
```

移动终止的数据

(TS 23.682 §5.13.3) SCEF 通过 T6a 移动终止数据请求 **(TDR)** 发送下行非 IP 数据。MME 将 `Non-IP-Data` AVP 映射到下行 NAS **ESM** 数据传输到 UE，并向 SCEF 回应移动终止数据应答 **(TDA)**。

```
SCEF --TDR(Non-IP-Data)--> MME --ESM DATA TRANSPORT(user data)-->
UE
              MME --TDA(Result-Code)--> SCEF
```

TDR 通过用户名称 **(IMSI)** + 承载标识 **(EBI)** 匹配 UE。如果找不到 UE 或其 SCEF 会话，MME 将以 `UNABLE_TO_COMPLY (5012)` 回应 SCEF，以便 SCEF 可以应用其自己的缓冲/重传策略。

置

需要两个部分：

1. 启用 **NIDD** 以便 MME 宣传控制平面 CIoT 支持：

   ```
   config :mme, :nidd, enabled: true
   ```

2. 将 **SCEF** 注册为 **Diameter** 对等体在 `:diameter_ex` 的 `:peers` 列表中（或过现有的 DRA 访问）。`:t6a` 应用（字典 `:diameter_gen_3gpp_t6a`，应用 ID `16_777_346`）会自动注册到 `applications:` 列表中。

非 IP APN 本身在 **HSS** 订阅中配置：一个 APN 配置，`PDN-Type = Non-IP (4)` 和一个 `SCEF-ID`。

请参见 配置参考 获取完整的参数表，包括 NB-IoT IP 数据的 `s11u_ip` 端点。

NB-IoT IP 数据通过控制平面 CIoT (S11-U)

除了非 IP NIDD，控制平面 CIoT 优化还承载 NB-IoT 的 **IP** 数据 (TS 23.401 §5.3.4B)。在这里，PDN 是指向 PGW 的正常 IP PDN，但数据过 NAS 传输：

```
  UE  <--ESM DATA TRANSPORT (IP packet)-->  MME  <--GTP-U on S11-
U-->  SGW  <--->  PGW
        控制平面 CIoT 优化              (MME 终止用户平面)
```

MME 在 **S11-U** 接口上终止用户平面，而不是在 S1-U 上的 eNB：

- 创建会话请求在承载上下文中携带 MME 的 **S11-U GTP-U F-TEID**（接口类型 38）；SGW ���回其 **S11-U GTP-U F-TEID**（类型 39）。没有设置 S1-U E-RAB。
- 上行：ESM 数据传输中的 IP 数据包被 GTP-U 封装（G-PDU，TEID = SGW S11-U TEID）并发送到 SGW。
- 下行：到达 MME 的 G-PDU 在 MME 的 S11-U TEID 上解封装，并作为下行 ESM 数据传输交付给 UE（重用空闲 UE 缓冲/寻呼）。

当启用 CP-CIoT（`config :mme, :nidd, enabled: true`），UE 通过控制平面 CIoT 支持，并且 PDN 类型为 IP 时，将选择此路径。MME 的 S11-U GTP-U 端点监听 UDP **2152**（`config :mme, :nidd, s11u_ip:` — 默认设置为 S11 GTP-C IP）。NB-IoT 控制平面服务请求（`0x4D`）为空闲 UE 重新建立连接。

无用户平面承载的附着

非 IP / CP-CIoT PDN 连接不承载用户平面，因此附着接受（带有激活默认 EPS 承载上下文请求，PDN 类型为非 IP）通过 NAS 以下行 **NAS** 传输交付 — 没有初始上下文设置请求，也没有 S1-U E-RAB。数据随后通过相同的 S1 信令连接在 ESM 数据传输上进行传输。当默认承载的 PDN 类型为非 IP 时，将自动选择此选项。

空闲 **UE** 移动终止交付

当 MT 数据到达空闲 UE 时，MME 在 UE 上下文中对其进行缓冲，并寻呼 UE（TS 23.682 §5.13.3 步骤 2–4）。SCEF 被告知 `DIAMETER_SUCCESS` — MME 已承担交付责任。缓冲区将在 UE 以任何上行 NAS 消息响应寻呼后立即刷新。（缓冲是在易失性上下文状态中，因此在 MME 重启后不会保留。）

支持的范围和限制

- 仅限非漫游。 NIDD 仅为本地用户提供服务，经过 T6a。漫游 NIDD — T6b 到访问网络中的 IWK-SCEF — 不受支持。

- 最大非 **IP** 消息大小。每个非 IP 消息，无论是上行还是下行，最多携带 **255** 字节 的用户数据；更大的应用有效载荷必须由应用进行分段。
- 连接通过 **IMSI** 识别。每个 SCEF 连接以订阅者的 IMSI 为键（根据 TS 23.682 §5.13.1.2）；不使用基于 MSISDN 的识别。
- 不支持：移动发起的异常数据指示和可靠数据服务。

OmniMME 操作指南

本指南涵盖了使用控制面板 Web 界面和 REST API 进行 OmniMME 的日常操作。

目录

- 控制面板概述
- 管理用户设备
- 管理 eNodeB
- Diameter 对等状态
- 位置服务
- S10 互 MME 切换
- REST API
- UE 状态参考
- 故障排除

控制面板概述

控制面板可□过 `https://<mme-host>:10443` 访问。它提供 UE 上下文、eNodeB 连接和 Diameter 对等状态的实时视图，每秒自动刷新一次。

侧边栏导航顺序可以□过 `runtime.exs` 中的 `page_order` 配置。请参见 配置参考。当其接口启用时，除了上述页面外，位置和 S10 页面也可用；将其路径添加到 `page_order` 中以在侧边栏中显示它们。

管理用户设备

UEs 页面显示当前由 MME 持有的所有 UE 上下文 - 连接、空闲和最近断开。

UE 状态摘要

在 UEs 页面顶部，实时计数显示：

状态	说明
连接	UE 已 EMM 注册并 ECM 连接（活动 S1AP 关联，数据平面活动）
空闲	UE 已 EMM 注册并 ECM 空闲（S1AP 已释放，上下文保留 - 可□过寻呼到达）
断开连接	UE 已 EMM 注销（已断开；上下文短暂保留以便基于上下文的重新附着）

搜索和过滤

搜索框匹配 IMSI、MSISDN、IMEISV、MME UE S1AP ID、eNB UE S1AP ID 和 eNodeB 名称。结果在您输入时以 300 毫秒的延迟更新。

过滤器 按钮提供基于状态的过滤：

- 所有状态 - 显示所有上下文
- 连接 - 仅 ECM 连接
- 空闲 - 仅 ECM 空闲
- 断开连接 - 仅 EMM 注销

结果按每页 10 条进行分页。使用分页控件浏览大量订阅者。

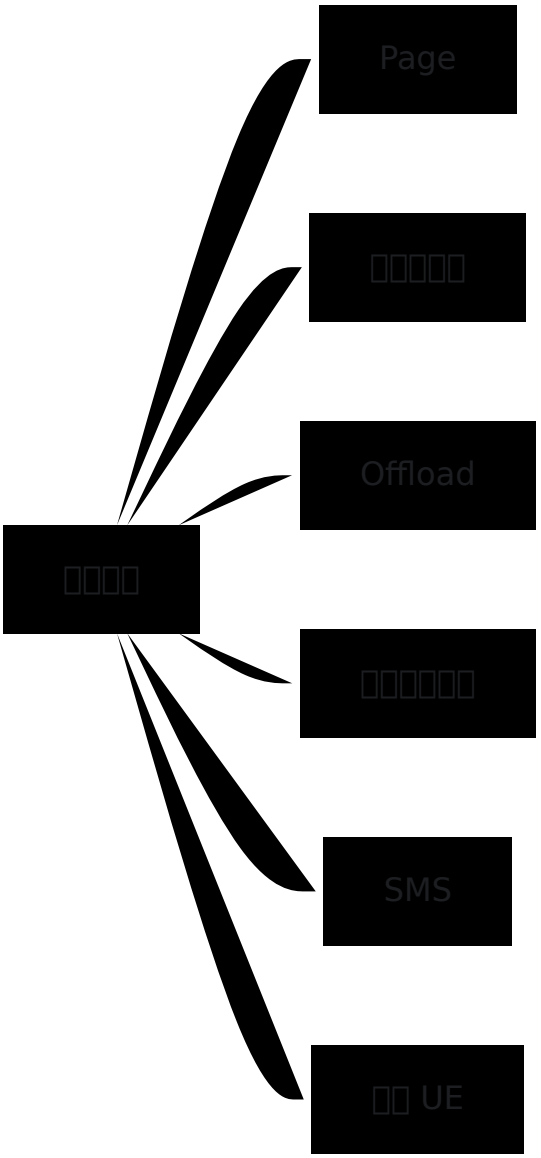
UE 详细视图

单击任何 UE 行以展开其详细视图。显示的部分取决于可用上下文：

部分	内容
基本信息	IMSI、MSISDN、IMEISV、设备类型、GUTI、当前 TAI、当前 ECGI、UE AMBR、S11 隧道端点、上下文时间戳
无线能力	支持的 LTE 频段、MIMO 能力���发布级别、UE 类别
UE 网络能力	EPS 加密和完整性算法、编解码器支持
安全上下文	NAS 安全算法和密钥集标识符
PDN 会话	与 APN、AMBR 和承载详细信息的活动 PDN 连接
允许的 **APN**	HSS 订阅中的 APN 配置文件
最近的 **ESM** 过程	正在进行或最近完成的承载设置/拆除事务

UE 操作

每个 UE 都有一个操作菜单（⋮ 按钮）。对于 EMM 注销的 UE，操作被禁用，因为它们将无效。



页面

向 eNodeB 发送寻呼消息以将 UE 从 ECM 空闲状态检索。提供两种寻呼方法：

方法	行为	何时使用
S-TMSI	使用 UE 的 S-临时移动用户身份进行寻呼。标准寻呼机制。	默认 - 在正常操作中使用此方法。
IMSI	使用 UE 的完整 IMSI 进行寻呼。	仅在 S-TMSI 寻呼失败时使用。警告： IMSI 寻呼可能导致 UE 断开并重新附着。

页面操作仅对已注册的 UE（连接或空闲）可用。

发送到空闲

通过 eNodeB 发送 UE 上下文释放命令，将 UE 从 ECM 连接状态转换为 ECM 空闲状态。UE 的上下文在 MME 中保留，UE 保持注册。使用此方法释放空闲订阅者的无线资源。

卸载

将 UE 移动到不同的 MME 或通过发送 UE 上下文释放命令强制重新选择，原因是 `load-balancing-tau-required`。如果 UE 当前处于空闲状态，则首先进行寻呼以确保释放被传递。

这会短暂中断 UE 的数据连接。UE 将执行 TAU，并正常重新附着到负载较少的 MME。

请求重新附着

断开 UE 并通过发送带有重新附着要求的断开请求触发立即重新附着。如果 UE 当前处于空闲状态，则首先进行寻呼。

使用此方法强制重新认证或应用需要新附着的订阅更改。

短信

通过 NAS 接口向 UE 发送 SMS 消息（SMS-over-NAS）。如果 UE 当前处于空闲状态，则在消息传递之前首先进行寻呼。

填写：

- 发送者 **MSISDN** - 将显示为消息发送者的号码（仅数字）
- 消息 - SMS 文本内容

删除 **UE**

立即删除该 UE 的所有存储上下文。UE 将需要执行完整的附着过程以重新连接。这不会向 UE 或 eNodeB 发送任何信令 - 这只是本地状态删除。

使用此方法清除阻止正常附着的过时或卡住的上下文。

管理 eNodeB

eNodeBs 页面显示当前的 eNodeB 上下文及其 S1 连接状态。

当 SCTP 关联失败或关闭时，MME 会删除其 eNodeB 条目并释放受影响的 UE 访问承载。当它重新连接时，eNodeB 会再次出现。

eNB 状态摘要

状态	说明
连接	活动的 SCTP 关联；S1 设置完成
断开连接	S1 设置尚未完成

eNB 详细视图

单击任何 eNB 行以展开其详细视图：

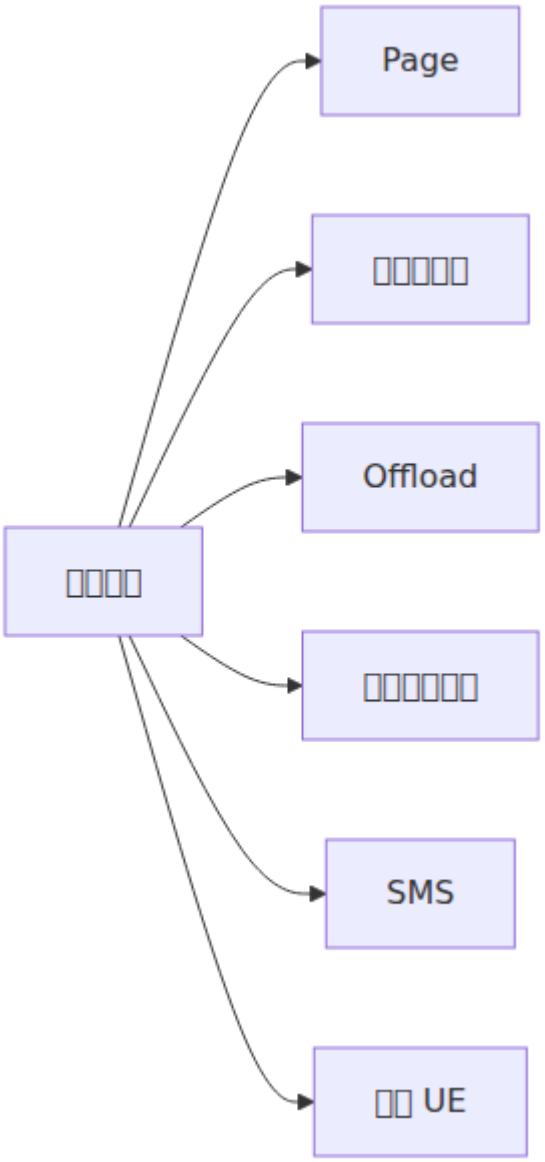
部分	内容
基本信息	PLMN、默认寻呼 DRX、NB-IoT 寻呼 DRX、广告的 MME 容量
连接详细信息	SCTP 关联 ID、本地和远程地址/端口、流计数、SCTP 状态和历史
TAI □置	eNB 广告的 TAIs 和 MME 接受的子集
连接的 **en-gNBs**	连接到此 eNB 的 5G NR 辅助节点（en-gNBs）以进行 NR-NSA 操作

更新广告的 MME 容量

OmniMME 可以指示 eNodeB 使用不同的 相对 **MME** 容量 值，而无需重新启动。这对于优雅的负载均衡或维护排水非常有用。

1. 打开 eNB 旁边的操作菜单（⋮） - 仅在 eNB 连接 时可用。
2. 选择 更新容量。
3. 输入 0 到 255 之间的值。
4. 点击 发送到 **eNB**。

OmniMME 向 eNodeB 发送 MME 配置更新消息，��含新的相对容量。更改立即在 eNodeB 端生效，但在 MME 重启时会恢复为 `runtime.exs` 中的值。



Diameter 对等状态

Diameter 页面显示所有配置的 Diameter 对等体及其当前连接状态。

对于每个对等体，显示以下内容：

字段	描述
主机	对等体的 Diameter 身份（Origin-Host）
状态	当前连接状态：连接、断开连接或连接中
IP / 端口	对等体的网络地址
传输	TCP 或 SCTP
连接发起	OmniMME 是否发起（`outbound`）或接受（`inbound`）连接
领域	对等体在 CEA 中报告的 Diameter 领域
产品名称	对等体在 CEA 中报告的供应商产品字符串
应用 **ID**	在 CEA 中协商的 Diameter 应用 ID

展开对等体行以查看完整连接详细信息。

健康的部署要求所有配置的 S6a 对等体显示为 连接。失去所有 S6a 对等体将阻止新的 UE 附着程序完成认证。

位置服务

位置 页面为注册的 UE 提供控制平面定位（LCS）。仅在 SLs 接口到 E-SMLC 启用时可用（`esmlc.enabled`，请参见 配置参考）；定位结果来自 E-SMLC 过 SLs（LCS-AP），测量来自 eNB（LPPa）和/或 UE（LPP）。

在页面顶部，实时计数显示 总计、连接、空闲 和 定位 的 UE。搜索匹配 IMSI、MSISDN 或 MME UE S1AP ID。

定位方法

在请求定位之前选择方法：

方法	来源	典型精度	备注
小区 **ID**	服务小区（ECGI）和跟踪区域（TAI）	小区级别	最快；无需 UE/eNB 测量活动。
E-CID（增强小区 ID）	过 LPPa 的 eNB 测量 (TS 36.455)	几十到几百米	可选择的量：小区 ID、TA 类型 1、TA 类型 2、到达角、RSRP、RSRQ。
GNSS（**GPS**）	过 LPP 的 UE GPS (TS 36.355)	10–50 米	最精确；需要 UE LPP 支持和 GPS 可见性。
OTDOA	eNB PRS + UE 时间差过 LPP	几十米	需要多个启用 PRS 的小区。

对于 E-CID，使用测量量切换来控制 E-SMLC 请求的量。

请求位置

操作	行为
定位	使用所选方法运行实时定位请求。如果 UE 处于空闲状态，���首先进行寻呼。结果异步获取，行在到达时更新。
缓存	返回 UE 的最后已知位置（服务 ECGI + TAI），无需联系 E-SMLC 或寻呼 UE。

结果面板显示 ECGI、TAI、纬度/经度/高度、不确定性和置信度；E-CID 测量详细信息（小区、TAC、TA 类型、AoA、RSRP、RSRQ）；以及 OTDOA 小区信息（PCI、EARFCN、PRS 带宽/配置）。当存在 GNSS 坐标时，显示嵌入式地图图钉。

定位 请求遵循控制平面 LCS 流程：MME 过 SLs 驱动 E-SMLC，后者收集来自 eNB（LPPa）和/或 UE（LPP）的测量。

操作员（位置页面）
OmniMME
eNodeB
E-SMLC
定位（方法：E-CID / GNSS / OTDOA）
[redacted]
[UE 处于空闲状态]
寻呼
服务请求
SLs 位置请求
LPPa / LPP 定位（□过 MME 中继）
测量
SLs 位置响应（估计）
位置（ECGI、纬度/经度、精度）
操作员（位置页面）
OmniMME
eNodeB
E-SMLC

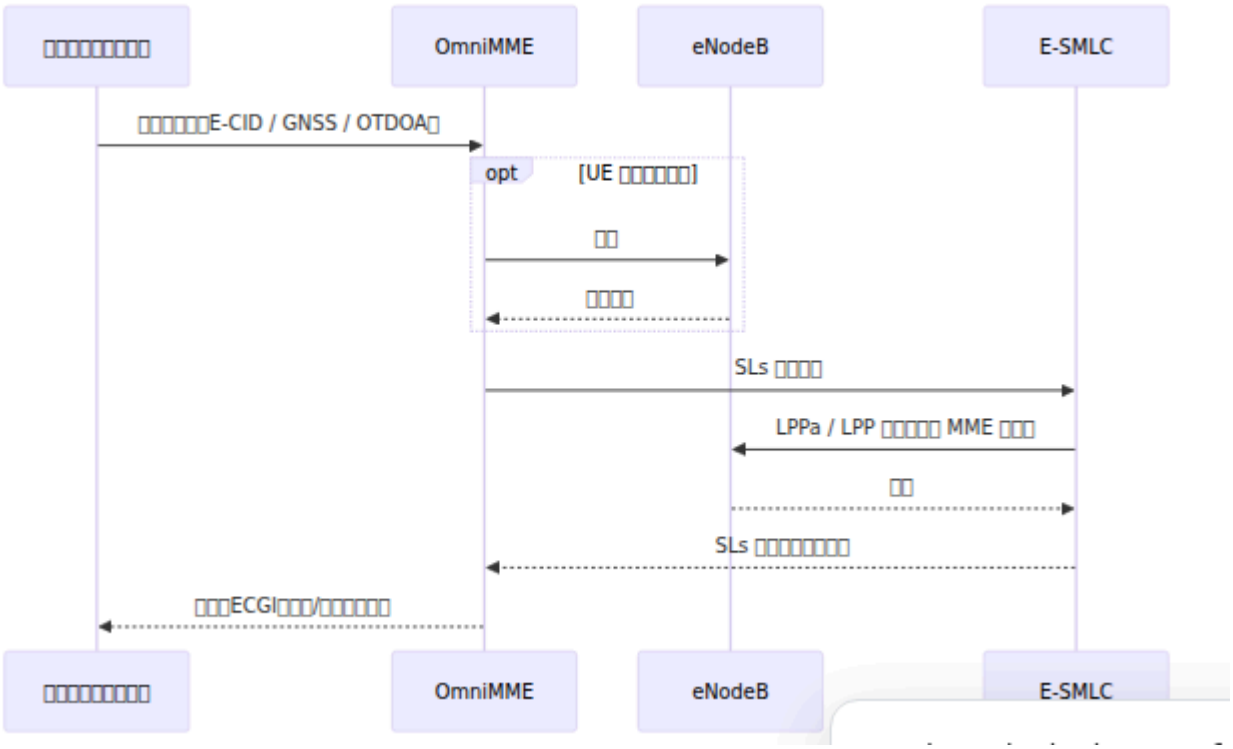
SLg 位置请求（来自 **GMLC**）

当 GMLC □过 SLg 发送提供位置请求（**PLR**）（TS 29.172）时，MME 解析订阅者的位置并回复提供位���答案（**PLA**）。对于空闲 UE 的 *□□□□* 请求，MME 首先对 UE 进行寻呼（网络触发），然后进行定位：

GMLC
OmniMME
eNodeB
SLg PLR (IMSI, SLg-Location-Type)
[redacted]
[UE ECM-连接]
定位（服务 ECGI / E-SMLC）
[UE ECM-空闲（当前定位）]
寻呼
服务请求（UE 连接）
定位服务小区
[redacted]
[定位成功]
SLg PLA (2001, 位置估计, ECGI, 服务节点)
[寻呼超时 / 无法到达]
SLg PLA (4201 缺失用户, 或最后已知)
GMLC
OmniMME
eNodeB

- 当前 / 初始 / 通知验证 位置类型对空闲 UE 进行寻呼（受 T3413 限制），然后返回服务小区。在寻呼超时后，对于 □□□□□□□，它们回退到最后已知，或者对于严格的当前返回 `DIAMETER_ERROR_ABSENT_USER`（4201）。
- 当前或最后已知 在没有可用实时定位时返回缓存的服务 ECGI/TAI，而无需寻呼。
- 结果代码：`2001` 成功，`5001` 用户未知，`4201` 缺失/无法到达，`4260` 定位方法失败。

> 当 `esmlc.enabled` 设置时，PLR □过上述 SLs/E-SMLC 定位路径得到��足；否则，MME 从其自身的服务小区/最后已知状态进行响应。



S10 互 MME 切换

S10 页面是一个只读监视器，用于 MME 之间的移动性 - 空闲模式上下文转移（外部 GUTI TAU）和连接模式前向重定位 - □过 S10 GTP-C 接口，以及 N26 互□到 5GS。请参见 邻居 MME (S10) 进行配置。

对于 S1 切换，目标 eNodeB 仅在其 SCTP 关联建立时是本地的。如果其先前的本地关联失败，MME 使用 S10 目标 MME 选择，因为另一个 MME 现在可能为该 eNodeB 提供服务。如果发现失败或目标 MME 拒绝重定位，源 eNodeB 将收到切换准备失败。请参见 TS 23.401 §5.5.1.2.2。

当 UE 到达一个 TAU，呈现属于另一个 MME 的 GUTI（□□ GUTI）时，OmniMME 从先前的 MME □过 S10 拉取 UE 的上下文，而不是拒绝它：

邻居发现

显示配置的 `selection_method`（基于 DNS 的 S-NAPTR 或静态对等体）以及对于静态配置的邻居 MME 对等体列表：主机、**IP** 和 端口。

活动切换

列出正在进行的 S10/N26 重定位，实时计数，每行显示：

字段	描述
IMSI	正在重定位的订阅者。
MME UE S1AP ID	UE 上下文的本地 S1AP 标识符。
阶段	重定位阶段 - 例如，获取上下文、准备重定位、重定位完成。

此页面上没有操作员操作；强制卸载到对等 MME 过 REST API 驱动。

REST API

REST API (`https://<mme-host>:8443`) 提供 OSS/BSS 集成和自动化的编程访问。交互式文档可在 `/api/swagger` 中找到。

UE 端点

列出 **UEs**

```
GET /api/ues
```

查询参数：

参数	类型	描述
`search`	字符串	按 IMSI、MSISDN、IMEISV、MME UE S1AP ID、eNB UE S1AP ID 或 eNB 名称过滤
`status`	字符串	按状态过滤：`connected`、`idle` 或 `disconnected`
`page`	整数	页码（默认：1）
`per_page`	整数	每页结果（默认：50）

响应：

```
{
  "data": [ ... ],
  "page": 1,
  "per_page": 50,
  "total": 142,
  "total_pages": 3
}
```

每个 UE 对象在 `data` 中包括：`context_id`、`imsi`、`imeisv`、`msisdn`、`mme_ue_s1ap_id`、`enb_ue_s1ap_id`、`global_enb_id`、`enb_name`、`emm_state`、`ecm_state`、`current_tai`、`current_ecgi`、`guti`、`s_tmsi`、`ue_ambr`、时间戳、`session_contexts`、`esm_procedures` 和 `apn_configuration_profile`。

按上下文 ID 获取 UE

```
GET /api/ues/:context_id
```

返回单个 UE 上下文对象。如果上下文 ID 不存在，则返回 `404` 和 `{"error": "not_found"}`。

UE 操作

```
POST /api/ues/:ue_id/actions
```

对 UE 执行操作员操作 - API 相当于 UEs 页面操作菜单。

请求体参数：

参数	类型	描述
`action`	字符串	之一 `page`、`send_to_idle`、`offload`、`delete`、`request_reattach`、`send_sms`。
`paging_type`	字符串	对于 `page`：`s_tmsi`（默认）或 `imsi`。
`sender_msisdn`	字符串	对于 `send_sms`：显示给 UE 的发送者号码（仅数字）。
`text`	字符串	对于 `send_sms`：消息正文。

空闲的 UE 首先会被寻呼，以便操作需要 NAS 路径。请参见 UE 操作 以了解每个操作的行为。

eNodeB 端点

列出 eNodeBs

```
GET /api/enodebs
```

查询参数：`status` - `connected` 或 `disconnected`。

获取 eNodeB

```
GET /api/enodebs/:id
```

按全局 eNB ID 返回单个 eNodeB 上下文。

eNodeB 操作

```
POST /api/enodebs/:enodeb_id/actions
```

请求体参数：

参数	类型	描述
`action`	字符串	当前为 `update_mme_capacity`。
`relative_mme_capacity`	整数	新的相对 MME 容量（0–255）。向 eNodeB 发送 MME 配置更新（请参见 更新广告的 MME 容量）。

Diameter 端点

```
GET /api/diameter
GET /api/diameter/:id
```

列出 Diameter 对等体（可选按 `status` 过滤），或按主机获取一个。镜像 Diameter 页面。

SGW 对等端点

```
GET /api/sgw_peers
GET /api/sgw_peers/:id
```

列出当前锚定 S11 会话的 S-GW 对等体，或按 IP 获取一个。用于确认会话分布和对等体恢复状态。

S10 / 互 MME 切换

```
GET  /api/s10
POST /api/s10/offload
```

`GET /api/s10` 返回 S10/N26 邻居发现状态和活动切换列表（镜像 S10 页面）。

`POST /api/s10/offload` 强制将订阅者卸载到对等 MME。请求体：`imsi`（必需）。对于连接的 UE，这执行连接模式重定位并等待完成；空闲的 UE 被标记，以便在其下一个服���请求或 TAU 时以 `load-balancing-TAU-`

`required` 释放（它不会被寻呼以卸载，参见 TS 23.401 §4.3.7.3）。对具有专用/GBR 承载的 UE 的卸载请求被拒绝（这将中断□话） - 请改用连接模式 S1 切换。

GUTI 重新分□

```
POST /api/guti/reallocate
```

触发 UE 的 GUTI 重新分配过程 (TS 24.301)。请求体：`imsi`（必需）。UE 必须处于 连接 状态 - 空闲 UE 没有 NAS 路径，因此请求空闲/未知 UE 将被拒绝。

DNS / 路由测试

```
POST /api/dns-test/pgw
POST /api/dns-test/sgw
POST /api/dns-test/mme
```

干运行 给定订阅者的 P-GW / S-GW / 目标 MME 选择管道 - 构建 FQDN，□过 DNS 解析（S-NAPTR，基于 TCP），并应用配置的选择方法 - 并返回 将被选择的内容，而不附加订阅者、发送任何 **GTP-C** 或更改状态。使用它来验证 DNS 和路由配置（新的网关池、APN-OI 替换、家庭与漫游、PLMN 特定路由）作为安全、可重复的变更前检查，而不是附加一个实时 UE 并从日志中读取选择。

干运行使用 与实时附着路径相同的选择代码，因此其结果与真实订阅者将获得的结果匹配。

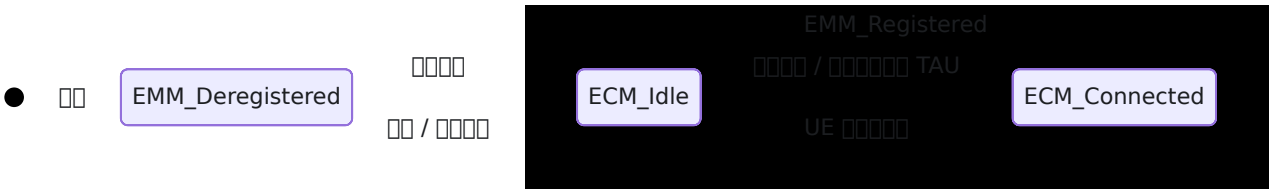
请求体（JSON） - 明确提供 PLMN（`mcc`/`mnc`）或作为 `imsi` 以推导它：

字段	PGW	SGW	MME	描述
`apn`	必需	–	–	APN 网络标识符（例如 `ims`）或完整 APN-FQDN
`tac`	–	必需	必需	目标 TAI 的跟踪区域代码
`imsi`	可选	可选	可选	推导 `mcc`/`mnc` 和家庭/漫游分类（如附着时）
`mcc`、`mnc`	可选	可选	可选	服务/目标 PLMN，当未给出 `imsi` 时
`subscriber_type`	可选	可选	–	`home` 或 `roaming`；覆盖推导的分类
`apn_oi_replacement`	可选	–	–	练习家庭-PGW APN-OI 替换路径

```
curl -sk -X POST https://<mme>:8443/api/dns-test/pgw \
  -H 'content-type: application/json' \
  -d '{"apn":"ims","imsi":"001010000004157"}'
```

响应暴露了每个阶段，因此可以诊断，而不仅仅是最终的 IP：


```
{
  "node": "PGW",
  "subscriber_type": "home",
  "selection_method": "dns_lookup",
  "fqdn": "ims.apn.epc.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  "attempts": [{"dns_server": "10.103.1.53", "fqdn": "...",
"candidate_count": 2}],
  "candidates": [{"host": "pgw01...", "ips": ["10.103.1.21"],
"port": 2123, "service": "x-3gpp-pgw:x-s5-gtp"}],
  "selected": {"host": "pgw01...", "ip": "10.103.1.21", "port":
2123},
  "notes": []
}
```



`candidates` 是按选择顺序解析的列表；`selected` 是将被选择的对等体（对于权重/优先级池，这是一个加权选择 - 完整排名的 `candidates` 列表是确定性的视图）。`notes` 标记了诸如没有解析候选者的回退情况。对于 `random_peer`（静态）池，`candidates` 是配置的池，`fqdn` 为 `null`。

系统

```
GET /api/status
```

健康检查；当 API 正在服务时返回 `{"result": "ok"}`。

UE 状态参考

OmniMME 每个 UE 跟踪两个独立的状态机：

EMM 状态（EPS 移动管理）：

状态	意义
`emm_registered`	UE 已成功附着。认证和订阅检索完成。
`emm_deregistered`	UE 已分离或被隐式分离。上下文可能仍会在短时间内保留。

ECM 状态（EPS 连接管理）：

状态	意义
`ecm_connected`	MME 和 eNodeB 之间的活跃 S1AP 关联。数据平面活跃。
`ecm_idle`	S1AP 关联已释放。UE 上下文在 MME 中保留。



当 `emm_state` 为 `emm_registered` 时，ECM 状态才有意义。`emm_deregistered` 的 UE 没有有意义的 ECM 状态。

故障排除

UE 无法附着

症状：新的附着请求失败；UE 显示认证或拒绝错误。

可能原因：

- Diameter S6a 对等体断开 - HSS 无法访问以进行认证
- 家庭 PLMN 配置错误 - UE 的 IMSI PLMN 与配置中的 `home_plmn` 不匹配
- S13 设备检查阻塞 - 设备 IMEISV 被分类为黑名单
- 提供的 TAI 不包括 eNB 的 TAC - S1 设置期间未接受 eNB TAI

解决方案：

1. 检查控制面板中的 Diameter 页面 - 所有 S6a 对等体应显示为已连接。
2. 验证 `home_plmn` 是否与用户 SIM 中编码的 MCC/MNC 匹配。
3. 如果 `s13.enabled` 为 `true`，确认 `allowed_equipment_status` 包含预期的分类。
4. 检查 eNB 详细视图 → TAI 配置部分，以确认附着 UE 的 TAC 出现在接受的 TAI 列表中。

---

eNodeB 经常断开连接

症状：eNB 状态在连接和断开之间波动；UE 体验到会话中断。

可能原因：

- MME 和 eNB 之间的网络路径不稳定
- MTU 不匹配导致 SCTP 分片问题
- MME 过载 - SCTP 心跳延迟

解决方案：

1. 检查 `s1ap.listen_ip` 和连接详细信息中显示的 eNB IP 之间的网络路径质量。
2. 验证 SCTP 流量（IP 协议 132）在路径上未被阻止或 NAT。
3. 查看 BEAM 指标（`beam_processes_count`，`beam_memory_total`）以查找资源耗尽的迹象。

短信发送失败

症状：短信��作返回“UE 被寻呼，但没有响应”。

可能原因：

- UE 确实无法访问（关机，超出覆盖范围）
- UE 不支持 NAS 上的短信
- 寻呼区域配置错误 - TAI 列表未覆盖 UE 的最后已知 TAI

解决方案：

1. 验证 UE 的最后已知 TAI，并确认 TAC 在 `served_tai` 中。
2. 检查提供该 TAC 的 eNB 当前是否已连接。
3. 确认 UE 的订阅支持 NAS 上的短信。

过时的 **UE** 上下文积累

症状：`mme_ue_count` 随时间增长，但连接/空闲计数保持稳定；许多上下文处于断开状态。

可能原因：

- 空闲的 UE 未被隐式分离 - 例如，移动可达 / 隐式分离计时器设置的时间远长于周期 TAU 间隔，或者 UE 在未分离的情况下离开覆盖范围。

解决方案：

1. UE 上下文生命周期由移动可达和隐式分离计时器控制（请参见 配置参考）。错过周期 TAU (`t3412`) 的 UE 会被隐式分离，并在这些计时器到期后删除其上下文。
2. 对于高流量网络，查看 `t3412` 及其派生的 `mobile_reachable_timer` / `implicit_detach_timer`，以便在适合您的用户基础的时间尺度上驱逐过时上下文。

3. 可以□过控制面板中的 删除 **UE** 操作，或使用 `POST /api/ues/:ue_id/actions` 和 `action: "delete"` 立即删除单个过时上下文。

> 旧的 `persistent_emm_deregistered_cleanup_interval` / `persistent_ecm_idle_cleanup_interval` 设置不再有效 - 请参见 MME 核心参数 下的说明。

漫游

本指南涵盖了 OmniMME 如何处理 入境漫游 用户 — IMSI 属于其他 PLMN 的用户设备 — 以及它如何将漫游流量保持在专用的、面向边缘的网关上。

对于每个附加和跟踪区域更新，MME 做出一个决定，这个决定驱动了本页上的其他所有内容：这个用户是 本地 还是 漫游？然后，该类别选择会话锚定在哪个服务网关（SGW）和数据包数据网络网关（PGW）上，查询哪个 DNS 池，以及流量跨越哪个运营商边界。

目录

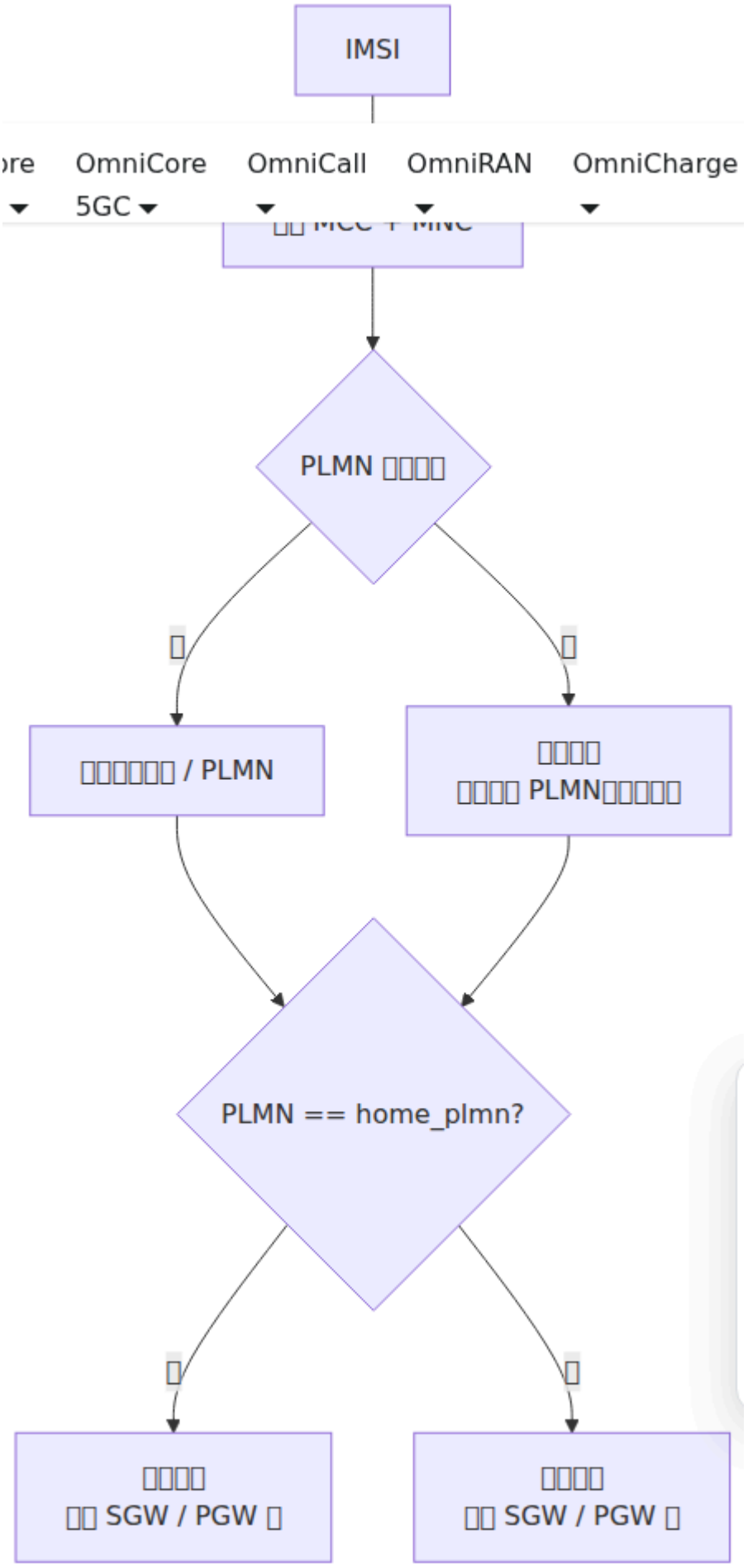
- 本地和漫游分类
- 未知 PLMN 离网回退
- SGW 和 PGW 选择
- EPC DNS 解析
- 专用漫游 SGWs
- 运营商 PLMN 覆盖文件
- IMSI 运营商查找 API
- 故障排除

本地和漫游分类

IMSI 的前导数字是用户的 PLMN��三位数字的移动国家代码（MCC）后跟两位或三位数字的移动网络代码（MNC），根据 TS 23.003 §2.2 。OmniMME 将其与 PLMN 参考表进行解析 — 包括全球运营商数据库和任何 运营商覆盖 — 以恢复运营商名称、国家和 MNC 长度：

1. 首先查找 六 位数字作为三位数字 MNC PLMN。
2. 如果未找到，则查找前 五 位数字作为两位数字 MNC PLMN。
3. 如果两者都未找到，则适用 离网回退。

匹配的 PLMN 与配置的 `home_plmn` 进行比较。如果 MCC 和 MNC 都匹配，则用户为 本地；否则为 漫游。这个单一分类影响 SGW 选择、PGW 选择、根据用户 `type` 选择的 DNS / 对等池以及 APN-OI 后缀。


IMSI
ore
OmniCore
5GC
OmniCall
OmniRAN
OmniCharge
PLMN □□□□
□
□
□□□□□□ / PLMN
□□□□
□□□□ PLMN□□□□□
PLMN == home_plmn?
□
□
□□□□
□□ SGW / PGW □
□□□□
□□ SGW / PGW □

> 本页上的示例假设 `home_plmn` 设置为 MCC `001` / MNC `01`（示例本地网络），并将示例漫游合作伙伴（MCC `999` / MNC `970`）视为入境漫游用户。

未知 PLMN 离网回退

当用户的 PLMN 不在表中时 — 一个未添加的漫游合作伙伴或私有网络 — OmniMME 不假设用户为本地。它保持用户的真实 MCC/MNC，直接从 IMSI 中获取，因此用户被正确分类为漫游，并被路由到漫游网关池，而不是本地本网网关。

由于 IMSI 本身并未说明其 MNC 是两位还是三位，MNC 长度是从共享相同 MCC 的其他行推断的（MNC 长度在每个 MCC 区域内是一致的，参见 TS 23.003），当 MCC 完全未知时默认为三位。

每个离网回退都会记录为 `warning`，以便运营商可以确切看到缺少哪个 PLMN，并应将其添加到 覆盖文件 中：

```
level=warning msg="IMSI PLMN not in PLMN table; classifying
subscriber as off-net (roaming)"
  protocol=s1ap imsi=999970000000001 mcc=999 mnc=970 mnc_length=3
inferred=true
```

在表中存在的漫游运营商（匹配，但不是本地 PLMN）不会产生此警告 — 这是预期的漫游。该警告特别标记 MME 没有记录的 PLMN，这是用户被错误路由的最常见原因。

SGW 和 PGW 选择

一旦分类，会话就会锚定在为该用户类型选择的网关上：

类别	**SGW** 池	**PGW** 接口	**PGW DNS** 服务
本地	本地 SGWs	S5	`x-3gpp-pgw:x-s5-gtp`
漫游	漫游 SGWs	S8	`x-3gpp-pgw:x-s8-gtp`

漫游 PDN 连接是本地路由的（TS 23.401 §4.3）：访问网络 SGW 通过 **S8** 连接到漫游用户的本地 PGW，因此漫游用户的流量在其本地网络中断开。本地用户使用 **S5** 连接到本地 PGW。

每个网关通过两种方法之一进行选择，这些方法可以全局配置或按用户类型配置（`%{home: ..., roaming: ...}`）：

方法	行为
`:random_peer`	从静态配置的对等体中随机选择，其 `type` 与用户类别匹配（`:home`、`:roaming` 或 `:home_and_roaming`）。
`:dns_lookup`	对与用户类别匹配的 DNS 服务器解析拓扑 DNS 查询。请参见 EPC DNS 解析。

常见的部署使用静态对等体用于本地用户，而使用 DNS 用于入境漫游用户，因此漫游合作伙伴可以□过 DNS 发布自己的拓扑。`selection_method`、`peers` 和 `dns` 参数在配置参考的 服务网关 和 PGW 部分中有文档说明□□

EPC DNS 解析

基于 DNS 的选择遵循 TS 29.303 的简单 NAPTR（S-NAPTR）程序，□过 NAPTR → SRV → A/AAAA 链将服务名称解析为具体节点地址。

SGW (S11). MME 从 UE 的跟踪区域和 PLMN 构建一个 **TAI-FQDN**：

```
tac-lb<low-byte>.tac-hb<high-
byte>.tac.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.3gppnetwork.org
```

并对 `x-3gpp-sgw:x-s11` 服务运行 S-NAPTR。如果 SGW 仅在该名称下发布其 S5/S8 记录，则 MME 获取 SGW 的规范节点名称（根据 TS 29.303 §4.3.2 删除前导的 `topon`/`topoff` 拓扑标签），并对其运行第二个 S-NAPTR 以获取 `x-s11`。

PGW (S5/S8). MME 从请求的 APN 和 PLMN 构建一个 **APN-FQDN**：

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

并对 `x-3gpp-pgw:x-s5-gtp`（本地）或 `x-3gpp-pgw:x-s8-gtp`（漫游）运行 S-NAPTR。

PLMN 标签（`mnc<MNC>.mcc<MCC>`）始终携带用户的 真实 PLMN，因此漫游用户的查询会解析到其本地或合作伙伴拓扑 — 永远不会是访问网络的。当一个 S-NAPTR 节点返回 IPv4 和 IPv6 地址时，`dns_ip_version` 偏好决定使用哪个系列，另一个作为后备。DNS 服务器池本身被标记为 `:home` / `:roaming` / `:home_and_roaming`，因此本地和漫游查找可以发送到完全不同的解析器。有关配置，请参见 DNS 参数。

专用漫游 SGWs

漫游 SGWs 被故意与本地 SGWs 分开，并且是唯一在网络边缘向漫游合作伙伴暴露的网关。

在本地路由漫游中，访问 SGW 必须□过运营商边界（IPX/GRX 网络，参见 GSMA IR.88）到达漫游用户的 本地 PGW。这是一个外部的、面向合作伙伴的连接。□过将一组 SGWs 专门用于漫游，并仅将漫游用户引导到它们，运营商：

- 限制暴露 — 只有漫游 SGWs 可以从运营商间边界访问；本地 SGWs（以及核心的其余部分）保持内部，无法从合作伙伴网络访问。
- 隐藏拓扑 — 合作伙伴和 IPX 看到一小组固定的边缘节点，而不是运营商的内部网关布局。

- □□□□ — □□□□

参数	类型	必需	默认	描述
`plmn_override_path`	字符串	否	`/etc/omnimme/plmn.exs`	可选的运营商维护的 PLMN 覆盖文件的文件系统路径。如果文件缺失，则使用未更改的默认值。

覆盖文件是一个以 `"<MCC><MNC>"` PLMN 字符串为键的映射，形状与附带的表相同：

```
%{
  # 添加一个全球数据库中不存在的漫游合作伙伴
  "999970" => %{
    country: :example_country,
    operator: "示例漫游合作伙伴",
    mcc: "999",
    mnc: "970",
    mnc_length: 3
  },
  # 通过重用其 PLMN 键来更正现有条目
  "00101" => %{
    country: :example_country,
    operator: "示例本地网络",
    mcc: "001",
    mnc: "01",
    mnc_length: 2
  }
}
```

字段	类型	描述
`mcc`	字符串	移动国家代码 — 三位数字。必须等于 PLMN 键的前三位数字。
`mnc`	字符串	移动网络代码 — 两位或三位数字。必须等于 PLMN 键的其余数字。
`mnc_length`	整数	MNC 数字的数量（2 或 3）。确定 IMSI 前缀是作为五位还是六位数字匹配。
`operator`	字符串	运营商名称，用于显示和 查找 API。
`country`	原子 | 字符串	运营商的国家标签。

覆盖语义：

- 合并，而不是替换。覆盖是 [] 附带的默认值之上合并的。覆盖中存在的 PLMN 键替换该单个附带行；其他所有附带行保持不变。运营商只需维护自己的增量 — 无需复制全球数据库。
- 经过验证。每个覆盖行在加载时都会检查：MCC 必须恰好为三位数字，MNC 为两位或三位数字（TS 23.003 §2.x）。
- 安全失败。如果无法读取覆盖文件、存在语法错误或包含无效行，则完全忽略该文件，MME 继续使用附带的默认值，并记录 `warning`。格式错误的覆盖永远不会导致 PLMN 解析失败或阻止启动。

```
level=warning msg="invalid PLMN override file; using shipped
defaults only"
  path=/etc/omnimme/plmn.exs error=<reason>
```

覆盖在启动时读取，并在配置重新加载时重新读取，因此添加漫游合作伙伴不需要重启进程。

IMSI 运营商查找 API

只读端点将任何 IMSI 解析为其运营商/PLMN 及 MME 将应用的本地与漫游分类 — 有助于确认覆盖是否生效或诊断为什么用户路由到特定的网关池。

```
GET https://<mme-host>:8443/imsi/{imsi}
```

字段	类型	描述
`imsi`	字符串	被查询的 IMSI。
`mcc`	字符串	匹配的（或从 IMSI 派生的）移动国家代码。
`mnc`	字符串	匹配的（或从 IMSI 派生的）移动网络代码。
`operator`	字符串 | null	运营商名称，或当 PLMN 不在表中时为 `null`。
`country`	字符串 | null	运营商国家，或当 PLMN 不在表中时为 `null`。
`mnc_length`	整数	MNC 数字的数量（2 或 3）。
`matched`	布尔	如果在表中找到 PLMN，则为 `true`；如果□过离网回退从 IMSI 推断，则为 `false`。
`classification`	字符串	`home` 或 `roaming` — MME 对此用户应用的网关选择类别。

示例 — 本地用户：

```
{
  "imsi": "001010000000001",
  "mcc": "001",
  "mnc": "01",
  "operator": "示例本地网络",
  "country": "example_country",
  "mnc_length": 2,
  "matched": true,
  "classification": "home"
}
```

示例 — 表中缺失的 **PLMN**（离网）：

```
{
  "imsi": "999970000000001",
  "mcc": "999",
  "mnc": "970",
  "operator": null,
  "country": null,
  "mnc_length": 3,
  "matched": false,
  "classification": "roaming"
}
```

`matched: false` 的结果被分类为 `roaming` 确认了回退的作用：用户保持其真实 PLMN 并作为漫游用户路由。将该 PLMN 添加到覆盖文件中会将 `matched` 更改为 `true` 并填充 `operator`/`country`。不在 5–15 位数字范围内的 IMSI 返回 `400 Bad Request`。

故障排除

漫游用户锚定在本地 / 内部 SGW 上

症状：入境漫游用户的会话设置在内部本地 SGW 或 PGW 上，而不是漫游池。

可能原因：

- 漫游用户的 PLMN 在 PLMN 表中缺失，因此被正确分类为离网 — 但未配置任何漫游对等体/DNS 的 `type: :roaming`，因此选择回退到存在的任何池。
- 漫游用户的 PLMN 被错误地添加到覆盖中，使用了本地 MCC/MNC。

解决方案：

1. 在日志中搜索 `IMSI PLMN not in PLMN table` 以确认 PLMN 及其被分类为离网。
2. 查询 `GET /imsi/{imsi}` 并确认 `classification` 为 `roaming`。
3. 确保配置了 `type: :roaming` 的漫游 SGW/PGW 对等体（或 DNS 服务器）。请参见 SGW/PGW 对等参数。

查找 API 显示 `operator: null` / `matched: false`

症状：已知的漫游合作伙伴解析为 null 的运营商和 `matched: false`。

解决方案：该合作伙伴`��` PLMN 不在表中。将其添加到 覆盖文件 中并重新加载。重新查询 API 确认 `matched` 现在为 `true`。

DNS 选择未返回网关

症状：会话设置失败，未解析到任何 SGW/PGW，当 `selection_method` 为 `:dns_lookup` 时。

可能原因：

- 未为该用户类别配置匹配的 `type`（`:home` / `:roaming`）的 DNS 服务器。
- 合作伙伴未发布预期的 `x-s11` / `x-s8-gtp` S-NAPTR 记录。

解决方案：

1. 确认已配置具有正确 `type` 的 DNS 服务器（请参见 DNS 参数）。
2. 验证合作伙伴是否发布了 TAI-FQDN / APN-FQDN 的预期服务记录。

SGs 接口 — CS 回退与 SMS-over-SGs

SGs 接口连接 MME 与 2G/3G 移动交换中心/访客位置注册（**MSC/VLR**），使 LTE 订阅者能够使用 EPS 数据核心原生不提供的电路交换（CS）服务：

- **CS** 回退（**CSFB**）语音 — 当 LTE 订阅者拨打或接听语音电话时，MME 将 UE 重定向到 2G/3G 进行□话。
- **SMS-over-SGs** — 短消息□过 SGs 接口在 UE 和 MSC 之间中继，无需数据包交换 SMS 路径。

该接口在 3GPP TS 29.118（SGsAP 协议）中定义，程序在 3GPP TS 23.272（CS 回退）中说明。

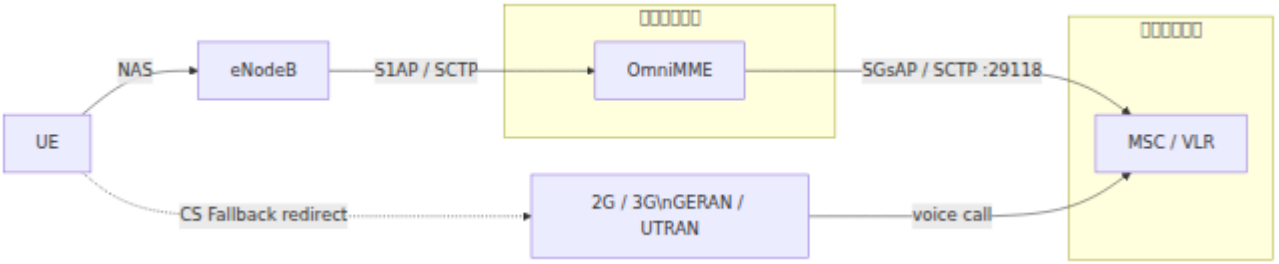
> 可选，默认禁用。 SGs 接口在未明确配置的情况下是无效的。没有 `:sgs` 配置时，MME 永远不会连接到 MSC，永远不会向 UE 广告 CS 可用性，并且表现得完全像一个仅支持数据包的 MME。CS 回退 □□ 有其独立的开关（`csfb_enabled`），默认也是关闭的，因此可以在不启用语音回退的情况下运行 SMS-over-SGs。

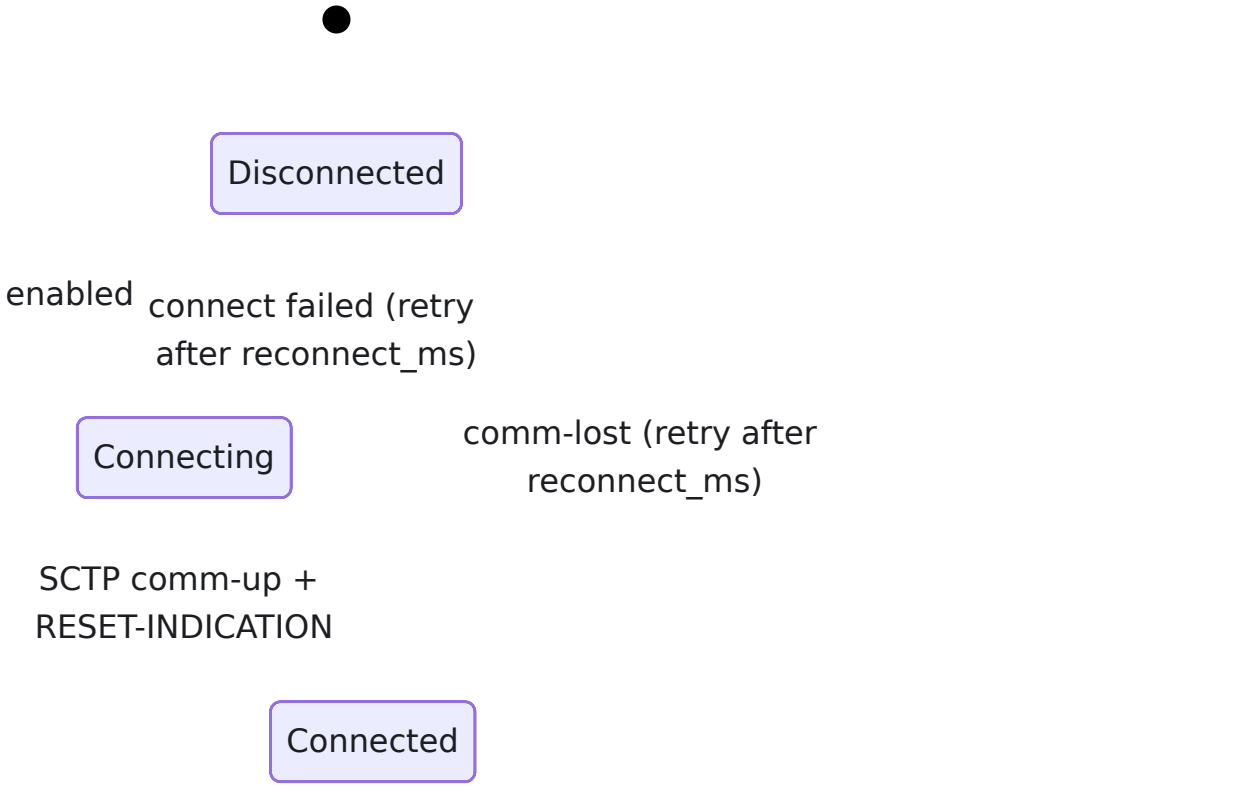
目录

- 架构
- 关联管理
- 组合附加和 TAU
- SGs 上的 SMS
- 移动终止 CS 呼叫（分页）
- CS 回退语音重定向
- 配置
- 指标
- 故障排除

架构

MME 是 SGs 接口上的 **SCTP** 客户端：它连接到 MSC/VLR（默认端口 **29118**），并维护单个 SCTP 关联，如果关联中断则自动重新连接。

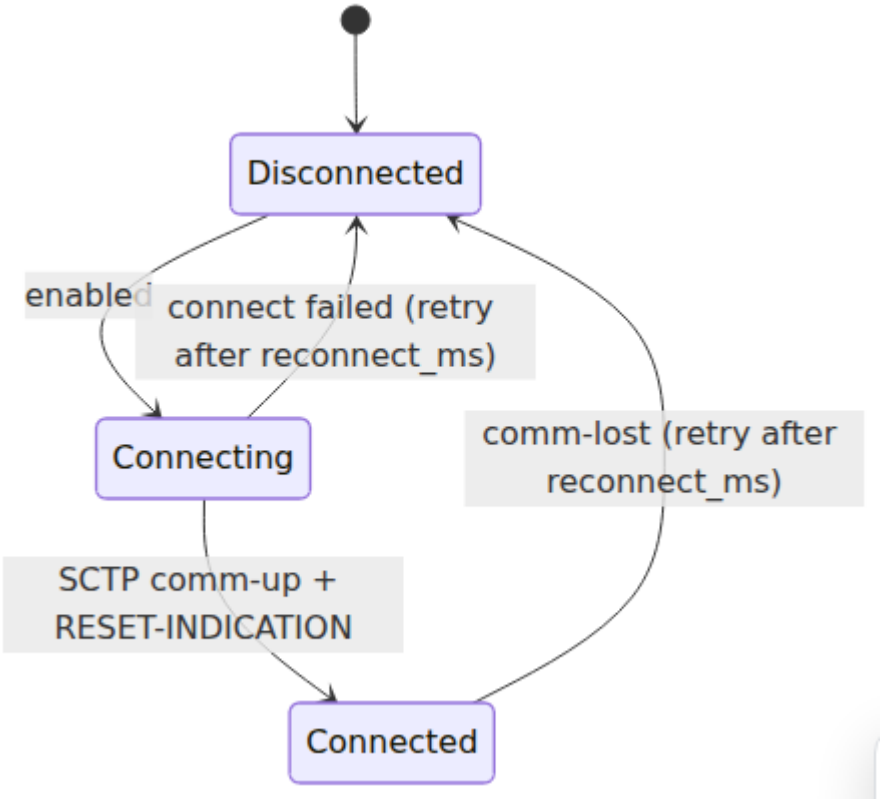




元素	角色
MME	SCTP 客户端；向 MSC 发送位置更新、分页响应、SMS 和 CSFB 指示；将 SMS 中继到 UE
MSC / VLR	SCTP 服务器；持有 UE 的 CS 注册；为 MT 呼叫分页；发送 MT SMS
eNodeB	在 UE 和 MME 之间承载 NAS；在 CS 回退请求时执行到 2G/3G 的无线重定向

关联管理

启动时（启用时）MME 连接到配置的 MSC，并且一旦 SCTP 关联建立，发送 SGsAP **RESET-INDICATION**，以便 MSC 清除来自先前 MME 实例的任何过时状态（TS 29.118 §8.20）。如果关联中断，MME 会在 `reconnect_ms` 间隔内重试。



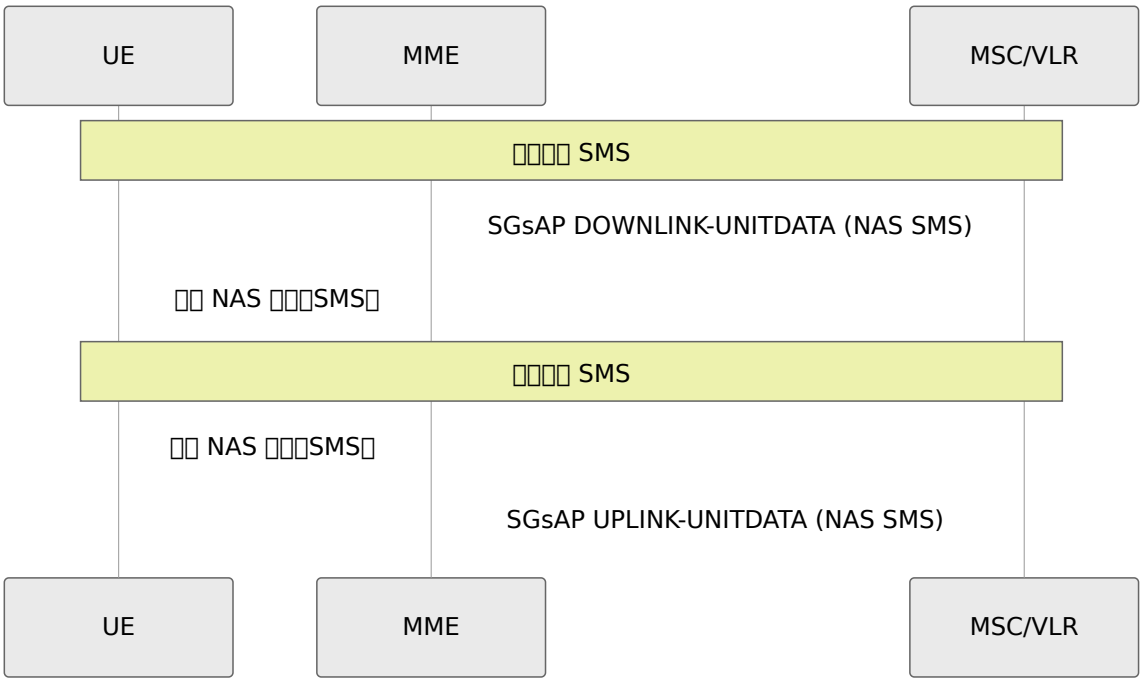
组合附加和 TAU

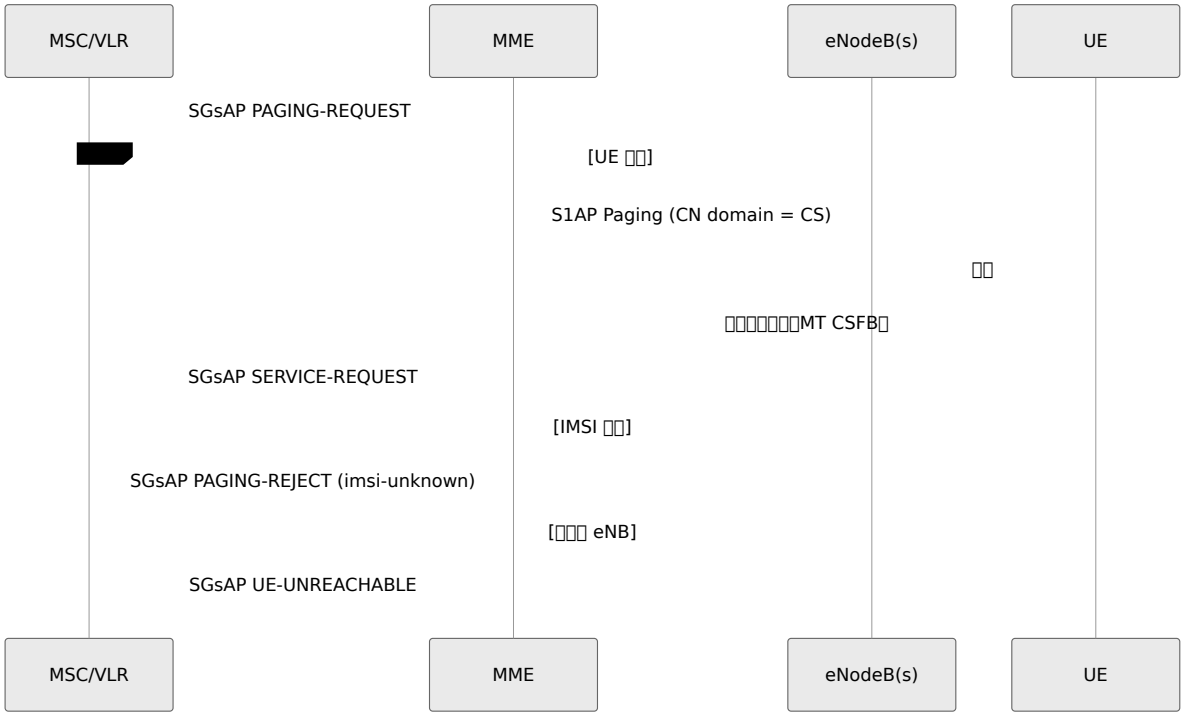
当 UE 执行组合 **EPS/IMSI** 附加（或组合 TAU）时，它请求同时进行数据包（EPS）和电路交换注册。启用 SGs 后，MME 通过 **LOCATION-UPDATE-REQUEST** 将订阅者注册到 MSC，并且仅在 MSC 接受后才授予组合结果：

如果 MSC 拒绝位置更新，或在 `lu_timeout_ms` 内未响应，MME 将回退到仅 **EPS** 附加接受 — 数据包附加永远不会因 MSC 的缓慢或不可用而延迟或阻塞。组合结果是诚实的：只有在确实可用时，UE 才会被告知 CS 可用。

SGs 上的 SMS

短消息在 SGsAP unitdata 消息中在 UE 和 MSC 之间透明传输；MME 在每个方向上中继 NAS 有效负载。



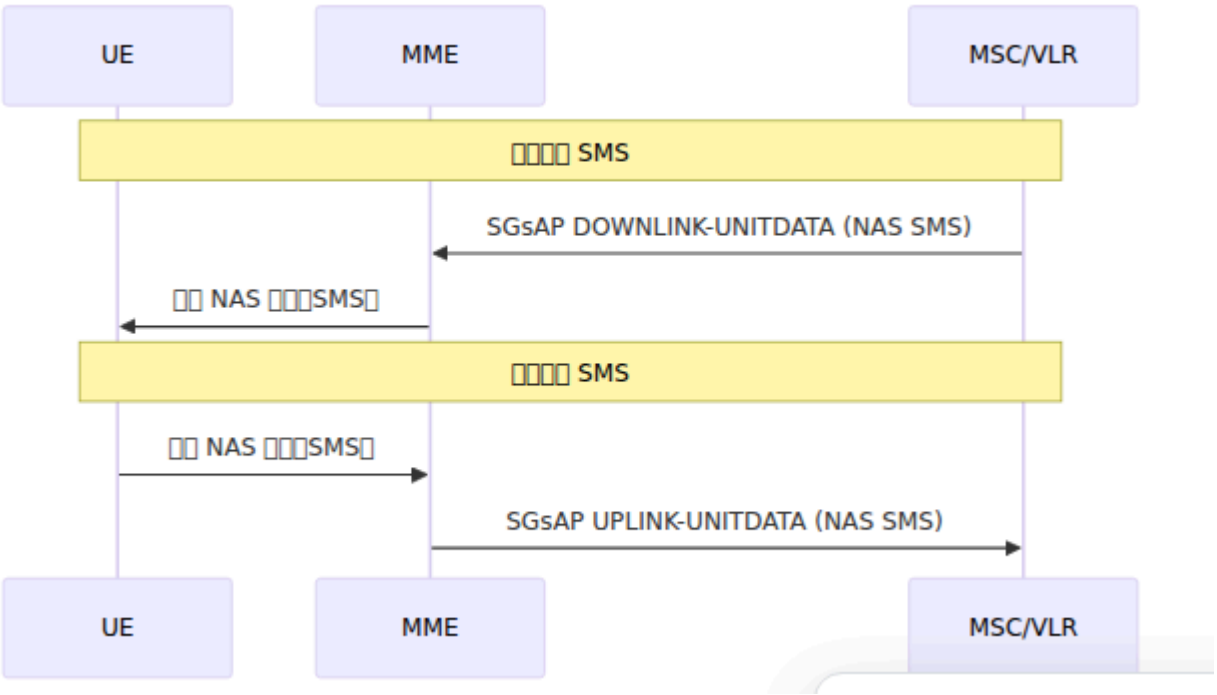


UE
MME
MSC/VLR
移动终止 SMS
SGsAP DOWNLINK-UNITDATA (NAS SMS)
下行 NAS 传输（SMS）
移动发起 SMS
上行 NAS 传输（SMS）
SGsAP UPLINK-UNITDATA (NAS SMS)
UE
MME
MSC/VLR

移动终止 CS 呼叫（分页）

当 MSC 需要向空闲 UE 发送 CS 呼叫（或 SMS）时，它通过 SGs 进行分页。MME 在服务于 UE 注册跟踪区域列表的 eNodeB 之间对 **CS** 域进行分页。如果无法到达 UE，MME 会告知 MSC。

MSC/VLR
MME
eNodeB(s)
UE
SGsAP PAGING-REQUEST
[UE 可达]
S1AP Paging (CN domain = CS)
分页
扩展服务请求（MT CSFB）
SGsAP SERVICE-REQUEST
[IMSI 不明]
SGsAP PAGING-REJECT (imsi-unknown)
[无服务 eNB]
SGsAP UE-UNREACHABLE
MSC/VLR
MME
eNodeB(s)
UE



CS 回退语音重定向

CS 回退语音由单独的 `csfb_enabled` 开关控制（默认关闭）。启用时，注册 UE 的扩展服务请求会导致 MME 通过 SGs 通知 MSC，并指示 eNodeB — 通过携带 **CS** 回退指示器的 S1AP **UE** 上下文修改 — 将 UE 重定向到 2G/3G 进行通话。

当 `csfb_enabled` 关闭或 UE 未 SGs 关联时，MME 用服务拒绝回应扩展服务请求 — 与仅支持数据包的 MME 的行为相同。

□置

SGs 接口在 `runtime.exs` 的 `:sgs` 键下配置。整个块是可选的；省略它以禁用接口。

```
config :mme, :sgs,
  # SGs 接口的主开关
  enabled: true,

  # CS 回退语音 — 单独开关，默认关闭
  csfb_enabled: false,

  # MSC / VLR 连接（MME 连接到此）
  vlr_ip: "10.0.0.10",
  vlr_port: 29118,

  # 向 MSC 广告的 MME 身份
  mme_name: "mmec01.mmegi8001.mme.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",

  # 定时器
  reconnect_ms: 5_000,
  lu_timeout_ms: 4_000
```

参数

参数	类型	必需	默认	描述
`enabled`	布尔值	否	`false`	SGs 接口的主开关。当为 `false`（或缺少 `:sgs` 块）时，MME 永远不会连接到 MSC，并表现为仅支持数据包的 MME。
`csfb_enabled`	布尔值	否	`false`	启用扩展服务请求上的 CS 回退 语音 重定向。与 SMS-over-SGs 独立：将其设置为 `false` 以在不进行 CS 语音回退的情况下运行 SMS-over-SGs。除非 `enabled` 为 `true`，否则无效。
`vlr_ip`	字符串	是（启用时）	-	MME 连接到的 MSC/VLR 的 IPv4 地址。
`vlr_port`	整数	否	`29118`	MSC/VLR 的 SCTP 端口。标准 SGsAP 端口为 29118，详见 TS 29.118 §5.2。
`mme_name`	字符串	否	从节点 FQDN 派生	在 SGsAP **MME** 名称 IE 中向 MSC 广告的 MME 节点 FQDN（TS 29.118 §9.4.13）。必须 ≤ 55 字节。省略时，从配置的 MME 名称 / GUMMEI 派生。
`local_ip`	字符串	否	S1AP 监听 IP	MME 绑定用于出站 SGs 关联的本地 IPv4 地址。默认为 S1AP 监听 IP。
`reconnect_ms`	整数	否	`5000`	在失败或中断的关联后，SCTP 重新连接尝试之间的间隔（以毫秒为单位）。
`lu_timeout_ms`	整数	否	`4000`	在回退到仅 EPS 附加接受之前，组合附加等待 MSC 的 LOCATION-UPDATE-ACCEPT 的最大时间

参数	类型	必需	默认	描述
				（以毫秒为单位）。防止缓慢或缺失的 MSC 阻止 EPS 附加。

示例

示例 1：仅 SMS-over-SGs（无 CS 语音）

```
config :mme, :sgs,
  enabled: true,
  csfb_enabled: false,
  vlr_ip: "10.0.0.10",
  mme_name: "mmec01.mmegi8001.mme.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org"
```

工作原理： MME 将组合附加的 UE 注册到 MSC，并在两个方向上中继 SMS，但对任何语音 CS 回退请求的响应为服务拒绝。

用例：希望□过传统 MSC 为 LTE 订阅者提供 SMS，但□过 VoLTE 提供语音（或根本不提供）的网络。

示例 2：完整 CS 回退（语音 + SMS）

```
config :mme, :sgs,
  enabled: true,
  csfb_enabled: true,
  vlr_ip: "10.0.0.10",
  vlr_port: 29118,
  mme_name: "mmec01.mmegi8001.mme.mnc001.mcc001.3gppnetwork.org",
  reconnect_ms: 5_000,
  lu_timeout_ms: 4_000
```

工作原理：除了 SMS，扩展服务请求会触发 UE 重定向到 2G/3G 进行电路交换呼叫，MSC □过 SGs □知。

用例：没有 VoLTE 的 LTE 网络依赖于 2G/3G 进行语音。

指标

所有 SGs 指标都在标准 Prometheus 抓取端点上导出。

指标：`mme_sgs_message_count`

类型：计数器

描述：与 MSC/VLR 交换的 SGsAP 消息。

标签：

- `direction` — `inbound`（来自 MSC）或 `outbound`（到 MSC）
- `message_type` — SGsAP 消息，例如 `location_update_accept`、`paging_request`、`downlink_unitdata`

指标：`mme_sgs_procedure_count`

类型：计数器

描述：MME 侧 SGs 程序的结果。

标签：

- `procedure` — 例如 `location_update_accept`、`paging_request`、`downlink_unitdata`、`reset_indication`
- `result` — 例如 `associated`、`rejected`、`paged`、`ue_unreachable`、`relayed`、`acked`

指标：`mme_sgs_association_event_count`

类型：计数器

描述：SGs SCTP 关联生命周期事件。

标签：

- `event` — `connect_attempt`、`comm_up`、`comm_lost`、`connect_failed`

指标：`mme_sgs_association_up`

类型：计量器

描述：SGs 与 MSC/VLR 的关联当前是否正常（`1`）或中断（`0`）。

示例查询

```
# SGs 关联是否正常?
mme_sgs_association_up

# 按类型统计入站与出站 SGsAP 消息速率
sum by (direction, message_type) (rate(mme_sgs_message_count[5m]))

# 组合附加注册成功与拒绝率
sum by (result)
(rate(mme_sgs_procedure_count{procedure="location_update_accept"}
[5m]))

# 找不到可达 UE 的 CS 分页
rate(mme_sgs_procedure_count{result="ue_unreachable"}[15m])

# 过去一小时的关联波动
increase(mme_sgs_association_event_count{event="comm_lost"}[1h])
```

故障排除

SGs 关联从未建立

症状：`mme_sgs_association_up` 保持为 `0`；重复的 `connect_failed` 事件。

可能原因：

- `vlr_ip` / `vlr_port` 不正确或 MSC 未在 SGsAP 端口上监听
- 防火墙阻止 MME 与 MSC 之间的 SCTP
- 本地绑定地址无法从 MSC 访问

解决方案：

1. 确认 MSC 正在监听 SGsAP（默认端口 29118）并且可以从 MME 访问。
2. 验证防火墙规则允许 MME 与 MSC 之间的 SCTP。
3. 检查 `vlr_ip`、`vlr_port` 和本地绑定地址。

组合附加被授予为仅 EPS

症状：请求组合附加的 UE 被接受，但告知 CS 不可用。

可能原因：

- SGs 关联��关闭，因此 MME 无法将 UE 注册到 MSC
- MSC 拒绝 LOCATION-UPDATE-REQUEST（例如，订阅者未在 VLR 中配置）
- MSC 的响应慢于 `lu_timeout_ms`

解决方案：

1. 确认 `mme_sgs_association_up` 为 `1`。
2. 检查 `mme_sgs_procedure_count{procedure="location_update_accept"}` 中的 `rejected` 结果，并检查 MSC 上订阅者的 CS 配置。
3. 如果 MSC 健康但响应缓慢，增加 `lu_timeout_ms`。

语音呼叫被拒绝，提示“CS 服务暂时不可用”

症状：对语音的扩展服务请求以服务拒绝响应。

可能原因：

- `csfb_enabled` 为 `false`（默认值）
- UE 未 SGs 关联（其组合附加被授予为仅 EPS）

解决方案：

1. 设置 `csfb_enabled: true` 以启用 CS 回退语音。
2. 确认 UE 完成了组合附加（见前一节）。