← 概述

# OmniAMF 配置参考

OmniAMF 从 Elixir 应用程序环境中的 `:omniamf` 键读取操作员配置，该键在启动时从 `config/runtime.exs` 填充。每个运行时键都由一个环境变量驱动，并具有内置默认值，因此部署可以完全通过环境变量进行调整。

## 目录


- 示例配置
- SBI 服务器参数
- NRF 和对等 NF 参数
- PLMN 和 AMF 身份参数
- N2 / NGAP 参数
- N26 互通参数
- 可观察性参数
- 高级参数（应用配置）
  - 结构化配置子字段
- 管理 API 和控制面板


---

## 示例置

```
config :omniamf,
  # SBI HTTP 务器（生成的 Namf 务）
  sbi_scheme: "http",
  sbi_addr: "127.0.0.5",
  sbi_port: 7777,

  # NRF（注册、心、发现）
  nrf_uri: "http://127.0.0.1:7777",

  # 消费的对等 NF 基础 URI（静态回退；优先使用 NRF 发现）
  ausf_uri: "http://127.0.0.12:7777",
  udm_uri: "http://127.0.0.12:7777",
  smf_uri: "http://127.0.0.4:7777",
  nssf_uri: "http://127.0.0.14:7777",

  # 务 PLMN
  mcc: "999",
  mnc: "70",

  # AMF 身份（GUAMI）
  amf_name: "OmniAMF",
  amf_id: %{region_id: 2, set_id: 1, pointer: 0},

  # 可观察性
  prometheus_metrics_port: 9569,

  # N2 / NGAP（gNB 的 SCTP 监听器）
  ngap_addr: "0.0.0.0",
  ngap_port: 38412,

  # NRF 心跳频率
  heartbeat_interval: 10_000,

  # N26 EPS↔5GS 互通与 4G MME
  n26_enabled: true,
  n26_addr: "0.0.0.0",
  n26_mme_peer: %{ip: "127.0.0.11", port: 2123}
```

---

# SBI 服务器参数

| 参数 | 类型 | 必需 | 默认 | 环境变量 | 描述 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| `sbi_scheme` | 字符串 | 否 | `"http"` | `SBI_SCHEME` | 为 SBI HTTP 服务器宣传的 URI 方案。 |
| `sbi_addr` | 字符串 | 否 | `"127.0.0.5"` | `SBI_ADDR` | SBI HTTP 服务器绑定的 IP 地址，并在 `Location` 头和 NRF 中宣传。 |
| `sbi_port` | 整数 | 否 | `7777` | `SBI_PORT` | SBI HTTP 服务器监听的 TCP 端口。 |

---

# NRF 和对等 NF 参数

对等 NF URI 是静态回退。当配置了 `nrf_uri` 时，OmniAMF 优先使用 NRF 服务发现（缓存，60 秒 TTL），仅在发现不可用时回退到静态 URI。设置静态 URI 并不会禁用每个 NF 的发现，除非发现本身无法访问。

| □□ | □□ | □□ | □□ | □□□□ |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| `nrf_uri` | □□□ | □ | `"http://127.0.0.1:7777"` | `NRF_URI` |
| `ausf_uri` | □□□ | □ | `"http://127.0.0.12:7777"` | `AUSF_URI` |
| `udm_uri` | □□□ | □ | `"http://127.0.0.12:7777"` | `UDM_URI` |
| `smf_uri` | □□□ | □ | `"http://127.0.0.4:7777"` | `SMF_URI` |
| `nssf_uri` | □□□ | □ | `"http://127.0.0.14:7777"` | `NSSF_URI` |
| `pcf_uri` | □□□ | □ | `"http://127.0.0.7:7777"` | - |
| `heartbeat_interval` | □□□□□ | □ | `10000` | `HEARTBEAT_IN` |

# PLMN 和 AMF 身份参数

**GUAMI**（全球唯一 AMF 标识符）由服务 PLMN（`mcc`/`mnc`）加上 AMF 标识符组成，后者本身由 `region_id`、`set_id` 和 `pointer` 组成。GUAMI 在 NG 设置中宣传，并用于为 UE 分配 5G-GUTI。

| 参数 | 类型 | 必需 | 默认 | 环境变量 | 描述 |
|---|---|---|---|---|---|
| `mcc` | 字符串 | 否 | `"999"` | `MCC` | 服务 PLMN 的移动国家代码。 |
| `mnc` | 字符串 | 否 | `"70"` | `MNC` | 服务 PLMN 的移动网络代码。 |
| `amf_name` | 字符串 | 否 | `"OmniAMF"` | `AMF_NAME` | 在 NG 设置中宣传并在 NRF NFProfile 中注册的 AMF 名称。 |
| `amf_id.region_id` | 整数（8 位） | 否 | `2` | `AMF_REGION_ID` | AMF 标识符 / GUAMI 的 AMF 区域 ID 组件。 |
| `amf_id.set_id` | 整数（10 位） | 否 | `1` | `AMF_SET_ID` | AMF 标识符 / GUAMI 的 AMF 集 ID 组件。 |
| `amf_id.pointer` | 整数（6 位） | 否 | `0` | `AMF_POINTER` | 唯一标识此 AMF 在集合中的 AMF 指针组件。 |

# N2 / NGAP 参数

| 参数 | 类型 | 必需 | 默认 | 环境变量 | 描述 |
|---|---|---|---|---|---|
| `ngap_addr` | 字符串 | 否 | `"0.0.0.0"` | `NGAP_ADDR` | SCTP/NGAP 监听器绑定的 IP 地址。使用特定接口地址限制可以连接的 gNB。 |
| `ngap_port` | 整数 | 否 | `38412` | `NGAP_PORT` | NGAP 的 SCTP 端口。根据 TS 38.412，知名端口为 38412。 |

---

# N26 互通参数

N26 接口通过与 4G MME 进行 GTPv2-C 通信，实现 5GS 和 EPS 之间的系统间移动（它重用 S10 风格的转发重定位消息集）。仅当 `n26_enabled` 为 true 时，它作为单独的 GTPv2-C 端点启动。

| 参数 | 类型 | 必需 | 默认 | 环境变量 | 描述 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| `n26_enabled` | 布尔值 | 否 | `true`（`runtime.exs`） | `N26_ENABLED` | 启用 N26 GTPv2-C 端点和互通。将环境变量设置为除 `"true"` 以外的任何值以禁用。 |
| `n26_addr` | 字符串 | 否 | `ngap_addr` 的值 | `N26_ADDR` | AMF 的宣传 N26 IP，放置在 GTPv2-C F-TEIDs 中。必须是可路由地址，MME 可访问 - 在生产环境中不要保留为 `0.0.0.0`。 |
| `n26_mme_peer.ip` | 字符串 | 否 | `"127.0.0.11"` | `N26_MME_IP` | 用于 5G→4G 切换的静态目标 MME 对等体的 IP（当 DNS 发现无结果时的回退）。 |
| `n26_mme_peer.port` | 整数 | 否 | `2123` | `N26_MME_PORT` | 静态目标 MME 对等体的 GTPv2-C 端口。 |

由共享的 `gtpc` 库绑定的 GTPv2-C 监听器使用以下参数，也由环境驱动：

| 参数 | 类型 | 必需 | 默认 | 环境变量 | 描述 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| listen IP | 字符串 | 否 | `n26_addr` 的值（然后是 `ngap_addr`） | `N26_ADDR` / `NGAP_ADDR` | N26 GTPv2-C 套接字的本地绑定地址。 |
| listen port | 整数 | 否 | `2123` | `N26_PORT` | N26 GTPv2-C 套接字的本地 UDP 端口（标准 GTP-C 端口）。 |

---

## 可观察性参数

| 参数 | 类型 | 必需 | 默认 | 环境变量 | 描述 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| `prometheus_metrics_port` | 整数 | 否 | `9569` | `PROMETHEUS_PORT` | 暴露 Prometheu `/metrics` [ 取端点的 TCP 端口。 |

请参阅 指标与监控 指南，以获取在此端点上暴露的指标。

---

## 高级参数（应用□置）

这些键具有合理的默认值，并且在 `runtime.exs` 中未连接到环境变量。仅在需要覆盖行为时在应用配置中设置它们。

| 参数 | 类型 | 默认 | 描[ |
| --- | --- | --- | --- |
| `relative_amf_capacity` | 整数（0–255） | `255` | 在 NG 设置响应中宣容量；也可以通过管理 更改。影响 gNB 在均衡。 |
| `served_guami_list` | 映射列表 | `[{plmn_id, amf_id}]` 从 `mcc`/`mnc`/`amf_id` 派生 | 此 AMF 服务的 GU 通过管理 API 查看和 应宣传此列表中的 每个 个条目的 `plmn_i` 射），因此多 GUA 中得到尊重。 |
| `served_nssai` | 映射列表 | `[{sst:1}, {sst:1,sd:000001}, {sst:2,sd:000002}, {sst:3,sd:000003}]` | 此 AMF 支持的 S- 也驱动在 NG 设置响 项中宣传的 `SliceSuppor` 38.413 §8.7. |
| `supported_ta_list` | 映射列表 | `[{tac:1, plmn_list: [{mcc,mnc}]}]` | 此 AMF 服务的跟踪 NG 设置 `SupportedTA` 将与此列表进行验证；[ TAC/PLMN 的 并返回 NG 设置失败 `unknown-PLM` SNPN）。 |
| `force_null_ciphering` | 布尔值 | `false` | 默认（`false`）选[ NAS 加密算法，UE **NEA2**，当 UE [ 回退到 **NEA0**（空 式协商，优先选择 **NI** NIA0）。设置为 `t` NEA0，而不考虑 U 调试/互操作。 |

| 参数 | 类型 | 默认 | 描[ |
| --- | --- | --- | --- |
| `dns_port` | 整数 | `53` | 用于 N26 S-NA<br>询的 UDP/TCP [<br>`n26_dns_ser`<br>更改；主要是测试/互操 |
| `maintenance_mode` | 布尔值 | `false` | 持久的维护模式标志。[<br>AMF 从 NRF 注<br>注册（以便重新启动）[<br>在运行时切换，而不是[ |
| `n26_selection_method` | 原子 | `:dns_lookup` | 5G→4G 切换的目<br>现。`:dns_look`<br>EPS TAI FQDI<br>NAPTR 查询（服[<br>`mme:x-s10`）[<br>29.303 §5.4[<br>时回退到<br>`n26_mme_pee`<br>（任何值除 `:dns_`<br>过 DNS，直接使用<br>`n26_mme_pee`<br>MME 发现。 |
| `n26_dns_servers` | 映射列表 | `[%{server: "127.0.0.53", domain: "3gppnetwork.org"}]` | 当<br>`n26_selecti`<br>为 `:dns_looku`<br>DNS 解析器（按顺[<br>S-NAPTR MM<br>都有 `server`（解<br>TCP 查询）和 `dor`<br>EPS TAI FQDI<br>网络域，例如<br>`3gppnetwork` |

| 参数 | 类型 | 默认 | 描 |
| --- | --- | --- | --- |
| `n26_smf_uri` | 字符串 | `"http://127.0.0.4:8443"` | SMF 内部互通 AP 5G→4G 切换期间 EPS PDN 连接数 PGW-C 地址）。 |

## 结构化置子字段

几个高级键是映射列表。它们的子字段和语义如下：

**`served_guami_list`** - 此 AMF 服务的 GUAMI。每个条目：

| 子字段 | 类型 | 描述 |
| --- | --- | --- |
| `plmn_id.mcc` / `plmn_id.mnc` | 字符串 | GUAMI 的服务 PLMN（默认为顶级 `mcc`/`mnc`）。 |
| `amf_id.region_id` | 整数（8 位） | AMF 区域 ID。 |
| `amf_id.set_id` | 整数（10 位） | AMF 集 ID。 |
| `amf_id.pointer` | 整数（6 位） | 集合中的 AMF 指针。 |

**`served_nssai`** - 此 AMF 支持的 S-NSSAIs。每个条目是一个带有 字符串键 的映射：

| 子字段 | 类型 | 描述 |
| --- | --- | --- |
| `"sst"` | 整数（0–255） | 切片/服务类型。标准化值：`1` eMBB，`2` URLLC，`3` MIoT。 |
| `"sd"` | 字符串（6 个十六进制数字） | 可选切片区分符。省略以获取仅 SST 的切片（例如 `%{"sst" => 1}`）。 |

**`supported_ta_list`** - 此 AMF 服务的跟踪区域。每个条目：

| 子字段 | 类型 | 描述 |
| --- | --- | --- |
| `tac` | 整数 | 跟踪区域代码。 |
| `plmn_list` | 映射列表 | 此 TA 中服务的 PLMN；每个为 `%{mcc: ..., mnc: ...}`。 |

gNB 的 SupportedTAList 与此列表进行匹配（当 `tac` 和一个 PLMN 匹配时，TA 匹配）。未宣传匹配 TA 的 gNB 将在 NG 设置时被 拒绝，并返回 NG 设置失败 - 请参阅 gNB NG 设置被拒绝。

**`n26_dns_servers`** - 用于 N26 S-NAPTR MME 发现的解析器。每个条目：

| 子字段 | 类型 | 描述 |
| --- | --- | --- |
| `server` | 字符串 | 解析器 IP，通过 TCP 查询。 |
| `domain` | 字符串 | 附加到 EPS TAI FQDN 的基础家庭网络域（例如 `3gppnetwork.org`）。 |

---

## 管理 **API** 和控制面板

OmniAMF 提供操作员管理 REST API 和通过 HTTPS 的 Web 控制面板。这些在应用（编译）配置中进行配置，而不是在 `runtime.exs` 中；与运行时相关的参数是监听地址、端口和 TLS 材料。

| 参数 | 类型 | 默认 | 描述 |
| --- | --- | --- | --- |
| 管理 API `port` | 整数 | `8443` | 操作员管理/状态 API 的 HTTPS 端口（状态、UE/gNB 库、OAM 操作）。 |
| 管理 API `listen_ip` | 字符串 | `"0.0.0.0"` | 管理 API 的绑定地址。 |
| 管理 API `enable_tls` | 布尔值 | `true` | 通过 TLS 提供管理 API。 |
| 管理 API `tls_cert_path` / `tls_key_path` | 字符串 | `priv/cert/omnitouch.crt` / `.pem` | 管理 API 的 TLS 证书和私钥。 |
| 控制面板 HTTPS `port` | 整数 | `7443` | Web 控制面板 UI 的 HTTPS 端口。 |

管理 API 提供只读状态（NRF/NF/许可证状态，gNB 和 UE 库，每个 UE 的 PDU 会话，统计信息）和 OAM 操作（运行时配置查看/更新、缓存清除、日志级别更改、维护模式、NRF 重新注册、诊断和强制 UE/PDU/gNB 拆除）。完整的端点列表、每个操作的语义和前提条件在 管理 API 指南中进行了文档说明。

← 概述

# OmniAMF 管理 API

管理 (OAM) API 是一个面向操作员的 REST 接口，独立于 5G SBI。它公开只读状态/库存、统计信息、运行时配置和 OAM 控制操作（按 UE、按 gNB、NRF、维护和诊断）。它通过 HTTPS 在自己的端口上提供服务，并独立于 NGAP 和 SBI 监听器。

返回 操作指南 和 配置参考。

## 访问

| 属性 | 值 |
| --- | --- |
| 方案 | HTTPS (TLS) |
| 端口 | `8443` |
| 绑定地址 | `0.0.0.0` |
| 路径前缀 | `/api` |

所有响应都是 JSON，封装在标准信封中，带有 `success` / `error` 状态。绑定地址、端口和 TLS 材料在应用程序配置中设置（请参见 管理 API 和控制面板）。一个单独的 Web 控制面板 UI 通过 HTTPS 在端口 `7443` 上提供服务。

## 状态和库存（只读）

| 方法 | 路径 | 描述 |
| --- | --- | --- |
| `GET` | `/api/status/api` | 存活探测。 |
| `GET` | `/api/status/nrf` | NRF 注册状态：`nrf_status`、`nf_instance_id`、`nrf_uri`。 |
| `GET` | `/api/status/nf` | NF 服务状态：广告的 `namf-comm`/`namf-evts` 服务、`sbi_addr`/`sbi_port`、GUAMI。 |
| `GET` | `/api/status/license` | 许可证状态。 |
| `GET` | `/api/gnb` | 列出连接的 gNB（SCTP 关联）：`gnb_id`、`gnb_name`、`ip`/`port`、`assoc_id`、`sctp_assoc_state`、`connected_since`、`supported_ta_list` 和连接的 UE 数量。 |
| `GET` | `/api/gnb/{id}` | 通过 SCTP `assoc_id` 获取一个 gNB 的详细信息。如果未知则返回 404。 |
| `GET` | `/api/ue` | 列出 UE 上下文。可选查询过滤器：`gnb_id`、`imsi`（子字符串）、`state`（`registered` \| `idle` \| `connected`）。每个条目包含 `supi`、`cm_state`、`rm_state` 和 `pdu_sessions_count`。 |
| `GET` | `/api/ue/{supi}` | 通过 SUPI 获取一个 UE 的详细信息，包括安全上下文摘要、认证状态和每个会话的 PDU 会话列表。如果未找到则返回 404。 |
| `GET` | `/api/ue_pdu_sessions/{supi}` | 通过 SUPI 获取一个 UE 的 PDU 会话。 |

| 方法 | 路径 | 描述 |
| --- | --- | --- |
| `GET` | `/api/ue_context` | 列出所有活动的 UE 上下文。每个条目包含 `suci`、`guti`、`tmsi_5g`、`gmm_state`、`allowed_nssai`、安全上下文存在标志以及创建/最后活动时间戳。 |
| `GET` | `/api/statistics` | 聚合计数：已注册的 UEs、CM-CONNECTED / CM-IDLE、gNB 数量、总 PDU 会话。 |

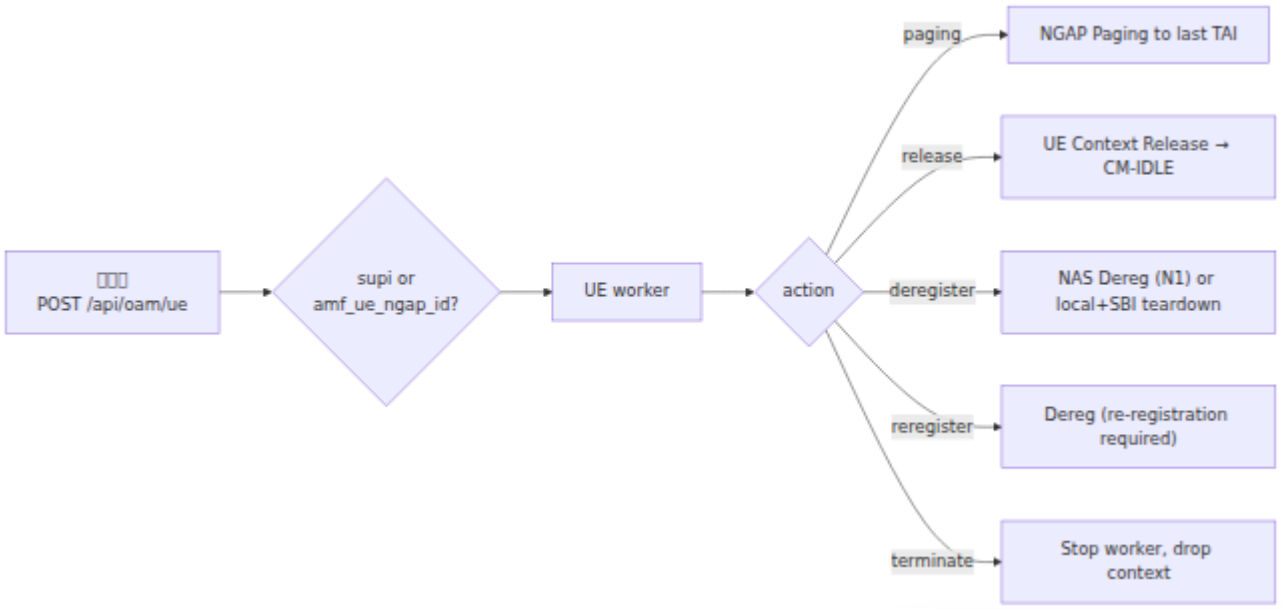
## 运行时□置

| 方法 | 路径 | 描述 |
| --- | --- | --- |
| `GET` | `/api/oam/config` | 读取当前可变运行时配置：`relative_amf_capacity`、`nf_capacity`、`nf_priority`、`amf_name`、`supported_ta_list`、`served_guami_list`、`log_level`。 |
| `PATCH` | `/api/oam/config/{id}` | 更新上述一个或多个键。未知键将被拒绝，返回 400；无效值（例如超出范围的容量或未知的日志级别）在应用任何更新之前被拒绝。 |
| `POST` | `/api/oam/log_level` | 更改运行时日志级别。主体：`{"level": "..."}`，其中 `level` 是 `emergency`、`alert`、`critical`、`error`、`warning`、`warn`、`notice`、`info`、`debug` 之一。 |

更改 `relative_amf_capacity` 会影响广告给 gNB 和 NRF 的值，从而影响 gNB 在 AMF 之间的负载均衡。请参见 高级参数。

# UE 控制操作

`POST /api/oam/ue` 具有 JSON 主体。目标 UE 通过 `supi`（已注册的 UE）或 `amf_ue_ngap_id`（任何活动上下文，包括尚未拥有 SUPI 的未认证 UE）进行选择。`action` 字段选择操作：



| `action` | 效果 | 前提条件 |
| --- | --- | --- |
| `paging` | 向 UE 的最后 TAI 发送真实的 NGAP Paging。 | UE 必须是 RM-REGISTERED 和 CM-IDLE（需要 SUPI）。 |
| `release` | AN 释放：发送 UE 上下文释放命令并将 UE 移动到 CM-IDLE。 | CM-CONNECTED。 |
| `deregister` | 网络发起的注销。如果 CM-CONNECTED，则通过 N1 发送 NAS 注销请求，否则执行本地 + SBI 拆除。 | 无 |
| `reregister` | 强制重新附着：注销并要求“需要重新注册”，因此 UE 立即重新注册。 | 无 |
| `terminate` | 硬清除：停止 UE 工作线程并丢弃其上下文（无 NAS 信令）。 | 无 |

违反前提条件的请求（例如对 CM-CONNECTED UE 执行 `paging`）返回 `409`，并附带有问题的 `cm_state`/`rm_state`。未知目标返回 `404`。

`deregister` / `reregister` 语义（T3522，显式与隐式，安全上下文保留）在操作指南中的 注销 下进行了描述。

# UE 资源（REST 动词）

除了面向操作的 `POST /api/oam/ue`，UE 和 UE 上下文资源还公开直接的 REST 动词。

| 方法 | 路径 | 描述 |
| --- | --- | --- |
| `DELETE` | `/api/ue/{supi}` | 注销单个 UE 并释放其上下文。这是 UE 资源上的 REST 动词；它执行与 `deregister` OAM 操作相同的拆除（如果 CM-CONNECTED，则通过 N1 发送 NAS 注销请求，否则本地 + SBI 拆除）。如果 SUPI 未知则返回 404。 |
| `DELETE` | `/api/ue_context` | 破坏性。一次清除 所有 UE 上下文。每个活动 UE 必须重新注册。 |

批量 `DELETE /api/ue_context` 与 `POST /api/oam/cache/clear` 执行的 UE 上下文拆除重叠；区别在于缓存清除端点还会使 NF 发现缓存无效，而 `DELETE /api/ue_context` 仅丢弃 UE 上下文。在生产环境中使用时请谨慎选择。

# gNB 控制操作

`DELETE /api/oam/gnb/{id}`，其中 `{id}` 是来自 `GET /api/gnb` 的 SCTP `assoc_id`。`action` 查询/主体参数选择操作：

| **`action`** | 效果 |
| --- | --- |
| (无) / `disconnect` | SCTP ABORT 关联：硬断开。 |
| `ng_reset` | 向 gNB 发送 NGReset（重置所有）。 |
| `deregister_subscribers` | 终止当前由该 gNB 服务的每个 UE 上下文。 |

未知的 `assoc_id` 返回 `404`。

# PDU 会话控制

| 方法 | 路径 | 描述 |
| --- | --- | --- |
| `DELETE` | `/api/oam/pdu_session/{id}` | 强制释放单个 PDU 会话。`{id}` 是 `supi:psi`，例如 `imsi-999700000000001:1`。格式错误的 id 或未知 PSI 返回 400；未知 UE 返回 404。 |

## 维护模式

维护模式注销 AMF 从 NRF，并拒绝新的 UE 注册，允许在重新启动之前进行排空。

| 方法 | 路径 | 描述 |
| --- | --- | --- |
| `GET` | `/api/oam/maintenance` | 报告当前维护状态。 |
| `POST` | `/api/oam/maintenance` | 进入维护模式：从 NRF 注销，拒绝新的注册。 |
| `DELETE` | `/api/oam/maintenance/{id}` | 退出维护模式：重新注册到 NRF。 |

# NRF 和缓存控制

| 方法 | 路径 | 描述 |
| --- | --- | --- |
| `POST` | `/api/oam/nrf/reregister` | 强制立即 NRF 重新注册；返回结果 `nrf_status` 和 `nf_instance_id`。 |
| `GET` | `/api/oam/nrf_discovery` | 列出当前 NF 发现缓存条目，包含 `nf_type`、解析的 `uri` 和 `ttl_remaining_seconds`，以及发现是否启用。 |
| `POST` | `/api/oam/cache/clear` | 清除所有内部缓存：使 NF 发现缓存无效并丢弃所有 UE 上下文。返回清除的上下文数量。 |
| `GET` | `/api/oam/peers` | 查看已解析的对等 NF URI（AUSF/UDM/SMF/PCF/NSSF/NRF）以及当前 SCTP 关联列表。 |

清除 NF 发现缓存会强制下一个 SBI 调用通过 NRF 重新解析对等体。清除 UE 上下文是破坏性的：活动 UE 必须重新注册。请参见 NF 发现。

## 诊断

| 方法 | 路径 | 描述 |
| --- | --- | --- |
| `GET` | `/api/oam/resources` | BEAM 资源快照：进程/端口计数和限制、调度程序计数、正常运行时间、OTP/BEAM 版本。 |
| `GET` | `/api/oam/diagnostics` | 节点诊断：正常运行时间、连接节点、进程计数、运行队列长度、累计 I/O 字节和 GC 统计信息。 |

这些补充了 Prometheus 指标端点，用于在事件发生期间进行即时检查。

← 概述

# OmniAMF 指标

指标在 `/metrics` 端点上暴露，端口为 `prometheus_metrics_port`（默认 `9569`）。只有以下指标与 Prometheus 导出器注册。

## 目录


- 注册和认证
- 服务请求和 PDU 会话
- NGAP 和 SCTP
- UE 状态
- NRF 注册
- BEAM VM


---

## 注册和认证

指标：`omni_amf_registration_requests_count`

类型：计数器

描述：按注册类型接收的注册请求。

标签：`type`：注册类型（例如：初始、移动、周期性）。

```
sum by (type) (rate(omni_amf_registration_requests_count[5m]))
```

指标：`omni_amf_registrations_total`

类型：计数器

描述：注册程序结果。

标签：`result`：例如 `success`、`failure`。

```
sum(rate(omni_amf_registrations_total{result="failure"}[5m]))
  / sum(rate(omni_amf_registrations_total[5m]))
```

指标：`omni_amf_auth_requests_count`

类型：计数器

描述：发起的认证请求。

标签：无。

```
sum(rate(omni_amf_auth_requests_count[15m]))
```

指标：`omni_amf_authentications_total`

类型：计数器

描述：认证程序结果。

标签：`result`。

```
sum by (result) (rate(omni_amf_authentications_total[5m]))
```

---

## 服务请求和 PDU 会话

指标：`omni_amf_service_requests_total`

类型：计数器

描述：服务请求程序结果。

标签：`result`。

```
sum by (result) (rate(omni_amf_service_requests_total[5m]))
```

指标：`omni_amf_pdu_session_requests_count`

类型：计数器

描述：按会话标识符中继的 PDU 会话请求。

标签：`pdu_session_id`：PDU 会话标识符（范围 `0`-`15`）。

```
sum by (pdu_session_id)
(rate(omni_amf_pdu_session_requests_count[5m]))
```

指标：`omni_amf_pdu_session_requests_total`

类型：计数器

描述：PDU 会话建立请求结果。

标签：`result`。

```
sum by (result) (rate(omni_amf_pdu_session_requests_total[5m]))
```

---

# NGAP 和 SCTP

指标：`omni_amf_ngap_messages_total`

类型：计数器

描述：按程序处理的 NGAP 消息。

标签：`procedure`：例如 `ng_setup_request`、`initial_ue_message`。

```
topk(10, sum by (procedure)
(rate(omni_amf_ngap_messages_total[5m])))
```

指标：`omni_amf_sctp_associations_count`

类型：计量器

描述：来自 gNB 的活动 SCTP (N2) 关联。每当 gNB 关联建立或拆除时发出，并定期重新采样。

标签：无。

```
omni_amf_sctp_associations_count
```

---

# UE 状态

指标：`omni_amf_connected_ues_count`

类型：计量器

描述：连接的 UE 数量。在 UE 上下文设置和释放时发出，并定期重新采样。

标签：无。

指标：`omni_amf_cm_connected_ues_count`

类型：计量器

描述：处于 CM-CONNECTED 状态的 UE 数量。在 UE 上下文设置和释放时发出，并定期重新采样。

标签：无。

```
omni_amf_cm_connected_ues_count
```

---

# NRF 注册

指标：`omni_amf_nrf_registration_status`

类型：计量器

描述：NRF 注册状态（`1` = 已注册，`0` = 未注册）。

标签：`nf_type`。

```
min(omni_amf_nrf_registration_status)
```

---

# BEAM VM

运行时还导出 BEAM VM 计量器以进行容量监控：
`beam_memory_total`、`beam_memory_processes`、`beam_memory_processes_used`、
`beam_memory_system`、`beam_memory_atom`、`beam_memory_atom_used`、
`beam_memory_binary`、`beam_memory_code`、`beam_memory_ets`、
`beam_processes_count`、`beam_ports_count`、`beam_atom_count` 和
`beam_vm_uptime`（秒）。

```
beam_memory_total
rate(beam_vm_uptime[5m])  # 0 表示在窗口内重启
```

← 概述

# OmniAMF 操作指南

OmniAMF 是 5G 核心中每个用户设备（UE）的移动性和连接锚。它接受来自 gNB 的 SCTP/NGAP 关联，通过 N2 接口终止在 NGAP 中转发的 NAS (N1) 信令，并通过 SBI 与对等网络功能（NF）协调，以对 UE 进行身份验证、检索订阅数据、选择切片和管理 PDU 会话。

## 目录


- 并发模型
- 3GPP 角色和规范参考
- 接口
  - SBI 端点
- 关键程序
  - NG 设置（gNB 关联建立）
  - 初始 UE 注册（使用 5G-AKA）
  - 身份请求/响应（SUCI 检索）
  - SQN 重新同步（AUTS）
  - 允许的 NSSAI 计算
  - 配置更新命令
  - GUTI 恢复（空闲模式快速通道）
  - PDU 会话建立中继（N11）
  - N1N2 消息传输和寻呼
  - 服务请求（用户平面重新激活）
  - 注销
  - N2 / Xn 切换（内5GS 移动性）
  - N26 切换（5G → 4G）
  - 错误处理 N2 程序
- NGAP 程序摘要
- 5GMM 定时器参考


---

# 并发模型

每个 UE 由一个专用的 `UeWorker` 进程处理，该进程在 UE 监督器下进行监督。NGAP 消息通过 NGAP UE 标识符解复用到拥有的工作进程，因此 UE 状态机在隔离中运行。一个单独的基于 ETS 的 **GUTI** 上下文存储 持久化每个 UE 的原生 5G NAS 安全上下文（SUPI、K_AMF、NAS 计数、安全能力），以 5G-TMSI 为键，与工作进程的生命周期无关。这可以在工作进程更替时存活，并允许从空闲模式返回的 UE 在不重新认证的情况下恢复。

整体组件架构在 架构 述 中的着陆页上显示。

---

# 3GPP 角色和规范参考

| 方面 | 参考 |
| --- | --- |
| AMF 功能定义 | TS 23.501 §6.2.1 |
| 系统程序（注册、服务请求、切换、互通） | TS 23.502 |
| 注册��序（NAS） | TS 24.501 §5.5.1 |
| 注销程序 | TS 24.501 §5.5.2 |
| 服务请求程序 | TS 24.501 §5.6.1 |
| 安全模式控制（NAS SMC） | TS 24.501 §5.4.2 |
| NAS 消息编码 | TS 24.501 §8 |
| NAS/IEI 编码规则（类型-1/3/4 IE） | TS 24.007 |
| 身份验证（5G-AKA） | TS 33.501 §6.1.3 |
| 密钥派生（K_AMF、K_NASint/enc、K_gNB、NH） | TS 33.501 附录 A |
| NGAP（N2）应用协议 | TS 38.413 |
| NGAP 传输（SCTP、PPID 60、端口 38412） | TS 38.412 |
| Namf_Communication / Namf_EventExposure | TS 29.518 |
| N26（EPS↔5GS 互通，GTPv2-C） | TS 23.502 §4.11, TS 29.518 |
| AUSF 服务（Nausf） | TS 29.509 |
| UDM 服务（Nudm） | TS 29.503 |
| NSSF 服务（Nnssf） | TS 29.531 |

| □□ | □□ |
| --- | --- |
| SMF □□□Nsmf□ | TS 29.502 |
| PCF AM □□□Npcf_AMPolicyControl□ | TS 29.507 |
| NRF □□/□□□Nnrf□ | TS 29.510 |
| S-NAPTR MME □□□N26□ | TS 29.303 |

---

## 接口

| 接口 | 对等方 | 传输 | 目的 |
| --- | --- | --- | --- |
| **N1** | UE（通过 gNB 转发） | NAS-in-NGAP | UE 移动管理和会话管理 NAS 信令（TS 24.501） |
| **N2** | gNB | SCTP / NGAP | NG 设置、UE 上下文管理、NAS 传输、寻呼、切换（TS 38.413） |
| **N8** | UDM | SBI (HTTP/2) | 订阅者数据（Nudm_SDM）和 UE 上下文注册（Nudm_UECM） |
| **N11** | SMF | SBI | PDU 会话创建/更新/释放；来自 SMF 的 N1N2 消息传输 |
| **N12** | AUSF | SBI | UE 身份验证（5G-AKA），Nausf_UEAuthentication |
| **N15** | PCF | SBI | 访问和移动策略关联（Npcf_AMPolicyControl） |
| **N22** | NSSF | SBI | 网络切片选择（Nnssf_NSSelection） |
| **N26** | 4G MME | GTPv2-C (UDP 2123) | EPS↔5GS 互通/系统间切换（可选） |
| Nnrf | NRF | SBI | NF 注册、心跳、服务发现 |

## SBI 端点

OmniAMF 生成 `namf-comm/v1` 和 `namf-evts/v1` 服务，并消费 `nausf-auth/v1`、`nudm-sdm/v2`、`nudm-uecm/v1`、`nnssf-nsselection/v2`、`nsmf-pdusession/v1` 和 `npcf-am-policy-control/v1`。它还在创建这些订阅时向对等 NF 广告 `namf-callback/v1` 通知 URI（SDM 数据变更通知、AM 策略通知、SM 上下文状态通知）。生成的端点在 SBI HTTP 服务器上提供（`sbi_addr:sbi_port`）。请求和响应使用 `application/json`；N1/N2 二进制内容按 TS 29.518 §6 作为 `multipart/related` 传输。

## Namf_Communication (TS 29.518)

| 方法 | 路径 | 描述 | 成功 |
| --- | --- | --- | --- |
| POST | `/namf-comm/v1/ue-contexts/{ueContextId}/n1-n2-messages` | 从 SMF 的 N1N2 消息传输 | 200 OK (已交付) / 202 Accepted (寻呼, `Location` 设置) |
| POST | `/namf-comm/v1/ue-contexts/{ueContextId}/transfer` | UE 上下文转移（跨 AMF）；可能返回多部分 N2 信息 | 200 OK |
| POST | `/namf-comm/v1/ue-contexts/{ueContextId}/transfer-update` | 注册状态更新（上下文转移后） | 200 OK |
| POST | `/namf-comm/v1/ue-contexts/{ueContextId}/assign-ebi` | EPS 承载 ID 分配 | 200 OK |
| POST | `/namf-comm/v1/ue-contexts/{ueContextId}/release` | UE 上下文释放 | 204 No Content |
| POST | `/namf-comm/v1/non-ue-n2-messages/transfer` | 非 UE N2 消息传输（例如 PWS） | 200 OK |
| POST | `/namf-comm/v1/subscriptions` | AMF 状态变化订阅 | 201 Created (`Location` 设置) |

| 方法 | 路径 | 描述 | 成功 |
| --- | --- | --- | --- |
| PUT | `/namf-comm/v1/subscriptions/{subscriptionId}` | AMF 状态变化订阅修改 | 200 OK |
| DELETE | `/namf-comm/v1/subscriptions/{subscriptionId}` | AMF 状态变化取消订阅 | 204 No Content |

### Namf_EventExposure (TS 29.518)

| 方法 | 路径 | 描述 | 成功 |
| --- | --- | --- | --- |
| POST | `/namf-evts/v1/subscriptions` | 订阅 AMF 事件 | 201 Created (`Location` 设置) |
| PATCH | `/namf-evts/v1/subscriptions/{subscriptionId}` | 修改订阅 (RFC 6902 JSON Patch) | 200 OK |
| DELETE | `/namf-evts/v1/subscriptions/{subscriptionId}` | 取消订阅 | 204 No Content |

不匹配的路径返回 `404` RFC 7807 问题文档。

### N2 / NGAP (非 SBI)

| 传输 | 地址 | 描述 |
| --- | --- | --- |
| SCTP | `{ngap_addr}:{ngap_port}` (默认 `0.0.0.0:38412`) | 来自 gNB 的 NGAP 消息，PPID 60 按 TS 38.412 |

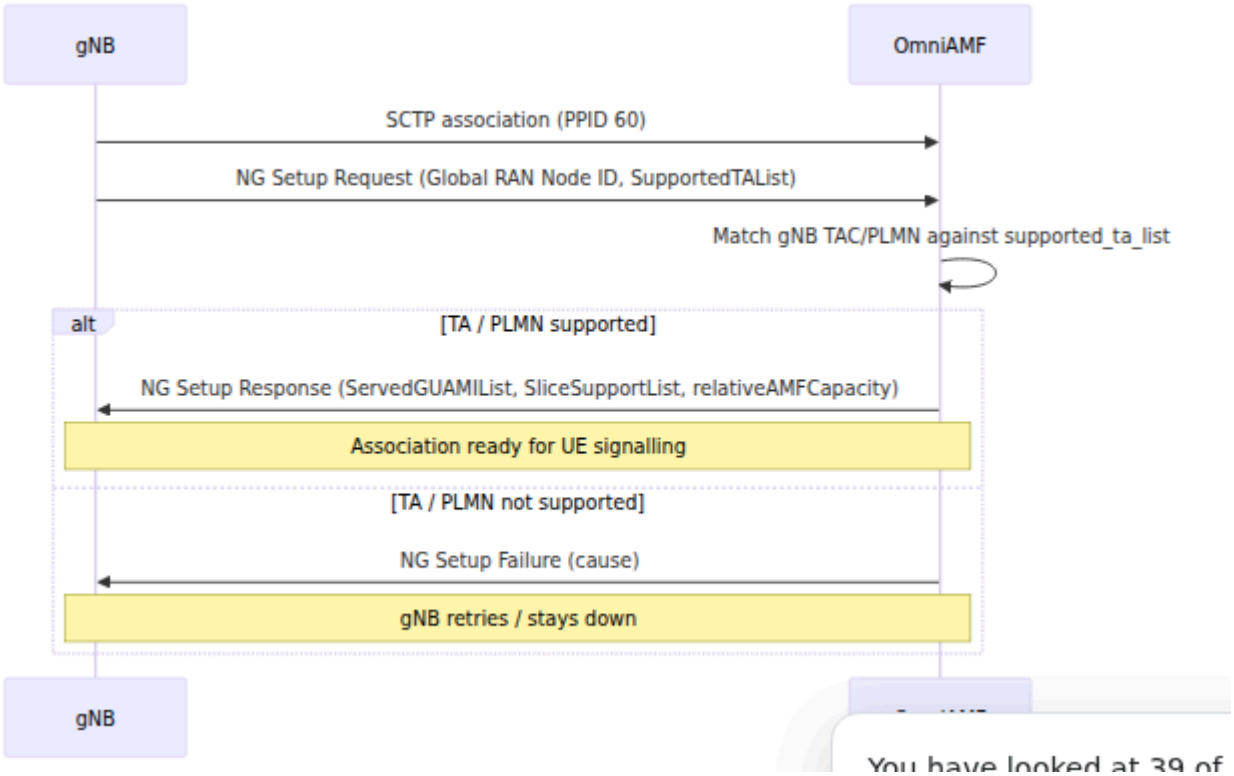
# 关键程序

## NG 设置（gNB 关联建立）

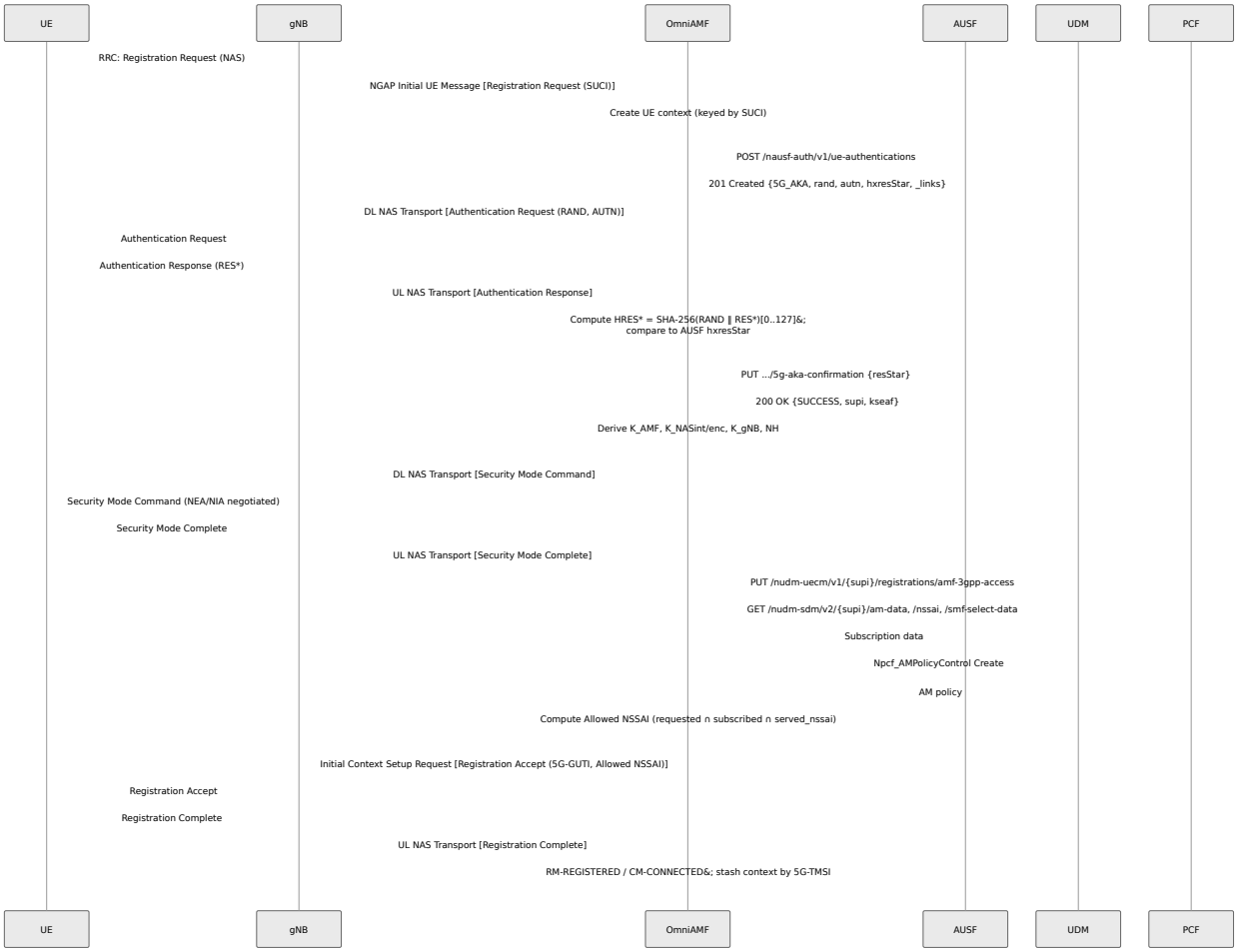
NG 设置是通过新建立的 SCTP 关联进行的第一次 NGAP 交换。gNB 提供其 `Global RAN Node ID`、`RAN Node Name` 和 `SupportedTAList`（TAC 以及每个 TA 的广播 PLMN 和切片列表）。AMF 验证 gNB 的 TA 和 PLMN 是否与其配置的 `supported_ta_list` 匹配。如果匹配，它返回一个 **NG** 设置响应，向 gNB 广告自己；如果不匹配，它返回一个 **NG** 设置失败，并且该关联永远不会承载 UE 流量（TS 38.413 §8.7.1）。

NG 设置响应携带：

| 元素 | 来源 | 含义 |
| --- | --- | --- |
| `ServedGUAMIList` | `served_guami_list` | 此 AMF 服务的完整 GUAMI 集合（PLMN + AMF 区域/集合/指针）。 |
| PLMN 支持项 `SliceSupportList` | 从 `served_nssai` 派生 | AMF 为每个服务的 PLMN 支持的 S-NSSAIs（SST，可选 SD）。 |
| `relativeAMFCapacity` | `relative_amf_capacity` | gNB 用于在集合中负载均衡 UE 的权重。 |



如果 gNB 持续收到 NG 设置失败，请将 `supported_ta_list` 与 gNB 的 TAC/PLMN 对齐。请参见 gNB NG 设置被拒绝（TA / PLMN 不匹配）。

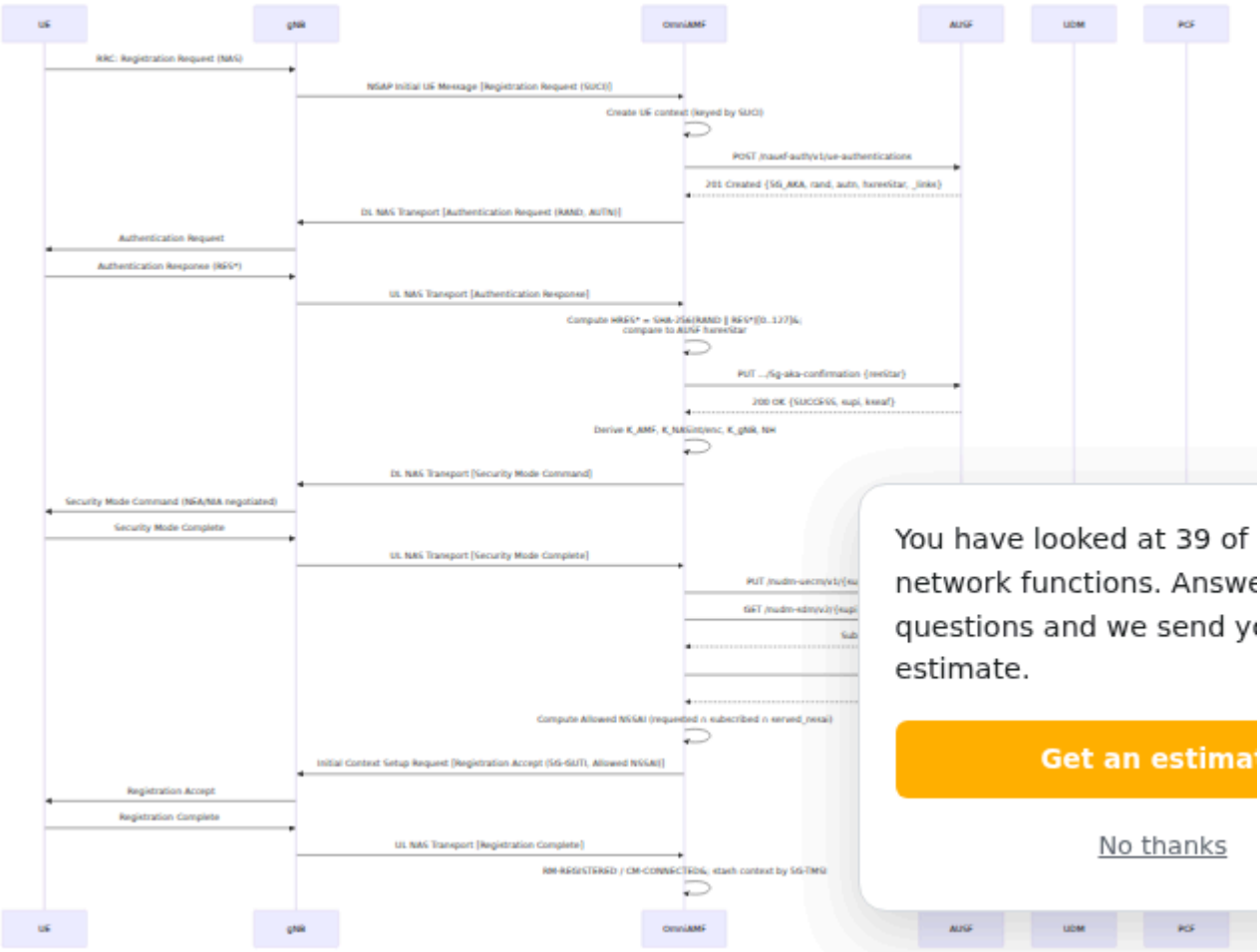


# 初始 **UE** 注册（使用 **5G-AKA**）

在身份验证响应中，AMF 首先执行本地 **HRES*** 检查：它计算 `HRES* = SHA-256(RAND || RES*)`，截断为最左侧的 128 位，并将其与 AUSF 返回的 `hxresStar` 进行比较（TS 33.501 §6.1.3.2）。只有在匹配时，它才会在 5G-AKA 确认中转发 RES*；不匹配将被视为身份验证失败。如果 UE 反而返回 NAS 身份验证失败，原因是 `#21`（同步失败），则 AMF 将运行 SQN 重新同步 程序，而不是拒绝。在任何其他身份验证失败或拒绝的情况下，AMF 将向 UE 发送带有适当 5GMM 原因的 NAS 注册拒绝。

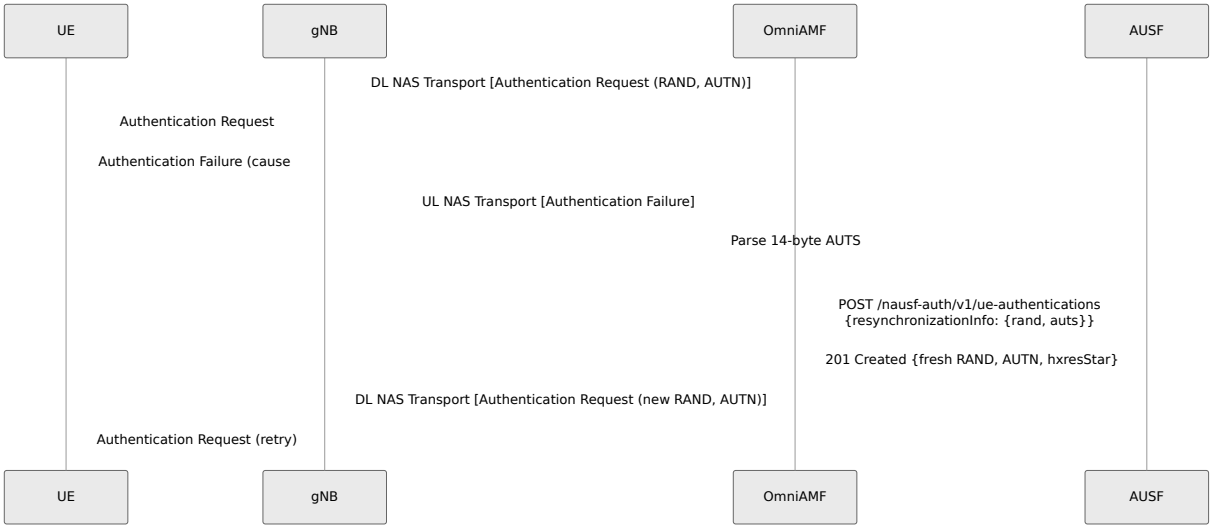
## 身份请求/响应（**SUCI** 检索）

当 UE 提供一个 5G-GUTI 而 AMF 无法解析为存储的上下文（例如在 AMF 重启后），AMF 必须在进行身份验证之前获取 UE 的隐藏永久身份。它发送一个 NAS 身份请求，身份类型为 `SUCI`；UE 以 身份响应 回答，携带 SUCI，AMF 然后使用该 SUCI 启动 5G-AKA。该请求由定时器 T3570 保护，并在到期时重新传输，直到达到重试限制（TS 24.501 §5.4.3）。



## SQN 重新同步（AUTS）

如果 UE 检测到 AUTN 序列号超出范围，它将以 NAS 身份验证失败 拒绝挑战，5GMM 原因 `#21`（同步失败），携带一个 14 字节的 **AUTS** 参数。AMF 不会失败注册，而是解析 AUTS，并从 AUSF 重新请求身份验证向量，向 `Nausf_UEAuthentication` 请求中添加一个 `resynchronizationInfo` 对象（原始 `RAND` 加上 `AUTS`）。家庭网络（AUSF/UDM/ARPF）使用 AUTS 恢复 UE 的 SQN，并返回一个新的向量，AMF 重新发出身份验证请求（TS 33.501 §6.1.3.4）。



如果重新同步仍未产生 UE 接受的挑战，AMF 将退回到发送注册拒绝。

## 允许的 **NSSAI** 计算

**注册接受中返回的 允许的 **NSSAI** 并不是简单地从 UE 回显的。AMF 将其计算为三个集合的交集：

1. UE 在注册请求中包含的 请求的 **NSSAI**，
2. 从 UDM 检索的 订阅的 **S-NSSAIs**（`nudm-sdm/v2/{supi}/nssai`），以及
3. AMF 自身配置的 `served_nssai`。

结果切片（带有默认切片处理）按 TS 24.501 §9.11.3.37 编码。如果交集为空（UE 仅请求未订阅或未服务的切片），AMF 将拒绝注册，并给出适当的 5GMM 原因，而不是接受没有可用切片的注册。与 NSSF（Nnssf_NSSelection）的切片选择咨询可能进一步细化结果。

## 置更新命令

AMF 可以在 UE 处于 CM-CONNECTED 时，随时推送更新的 UE 配置（新的 5G-GUTI、更新的允许/配置 NSSAI、TAI 列表、网络名称/时间或请求重新注册），使用 NAS 置更新命令。当命令设置确认请求标志时，UE 将以 置更新完成回复；该命令由定时器 T3555 保护，并在到期时重新传输，直到达到重试限制（TS 24.501 §5.4.4）。这是网络触发 GUTI 重新分配的机制，也是 `reregister` OAM 操作的“需要重新注册”路径的机制。

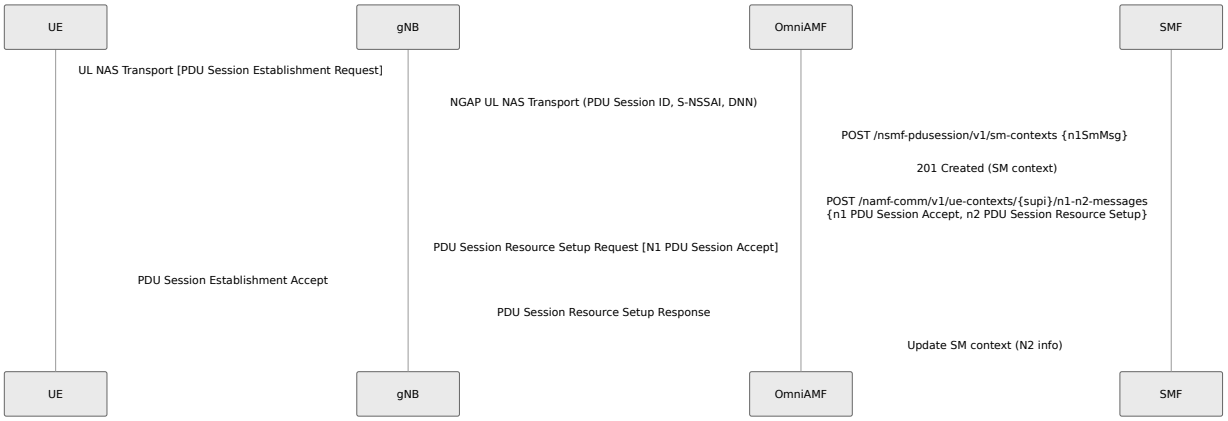
## GUTI 恢复（空闲模式快速通道）

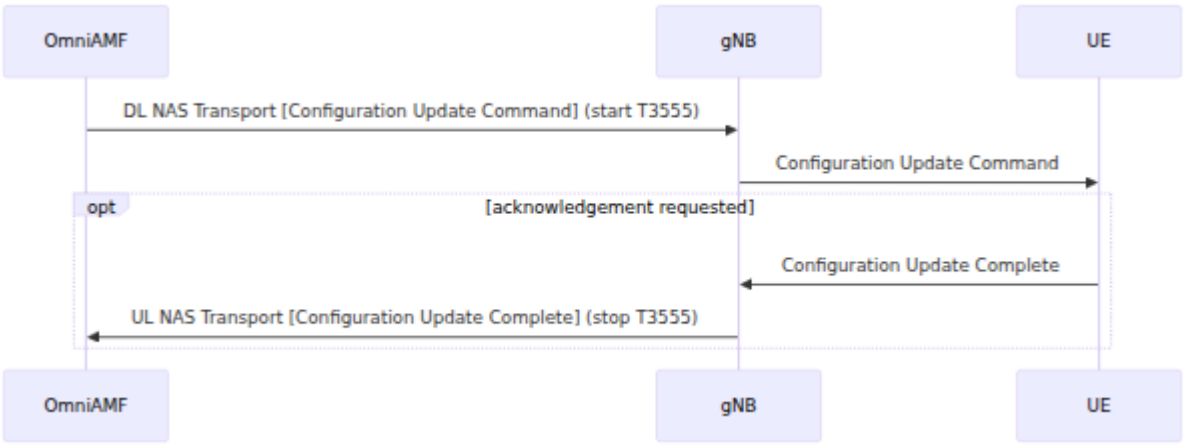
当已注册的 UE 进入 CM-IDLE 并随后返回时，它使用其 5G-GUTI 进行识别，而不是 SUCI。OmniAMF 通过 5G-TMSI 查找存储的原生安全上下文，并验证移动注册请求的完整性（MAC）与重新派生的 NAS 密钥。

这避免了完整的重新认证往返（按 TS 24.501 §5.5.1.3 / TS 33.501 §6.4.3）并防止在不稳定的无线电中出现空闲模式波动，因为较长的程序经常在飞行中掉落。

## PDU 会话建立中继（N11）

AMF 在 UE 和 SMF 之间中继 5GSM NAS，并推动相应的 N2 资源设置向 gNB。





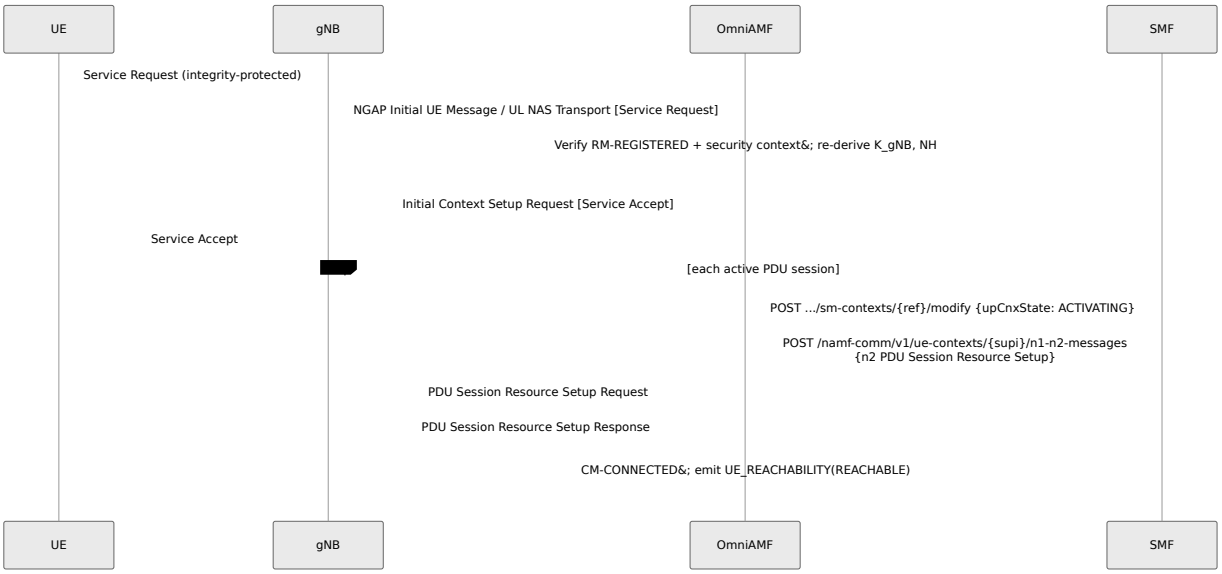
AMF 的上行 NAS 传输解析器根据 TS 24.007 了解 IEI: **PDU** 会话 **ID** 和请求类型 IE 是类型-3（TV，无长度字节）。正确的标记保持并发 PDU 会话的独特性，这对于 UE 同时建立 `internet` 和 `ims`（VoNR）至关重要，因为将 PDU 会话 ID 误解析为 TLV 将导致所有会话合并为一个 PSI。

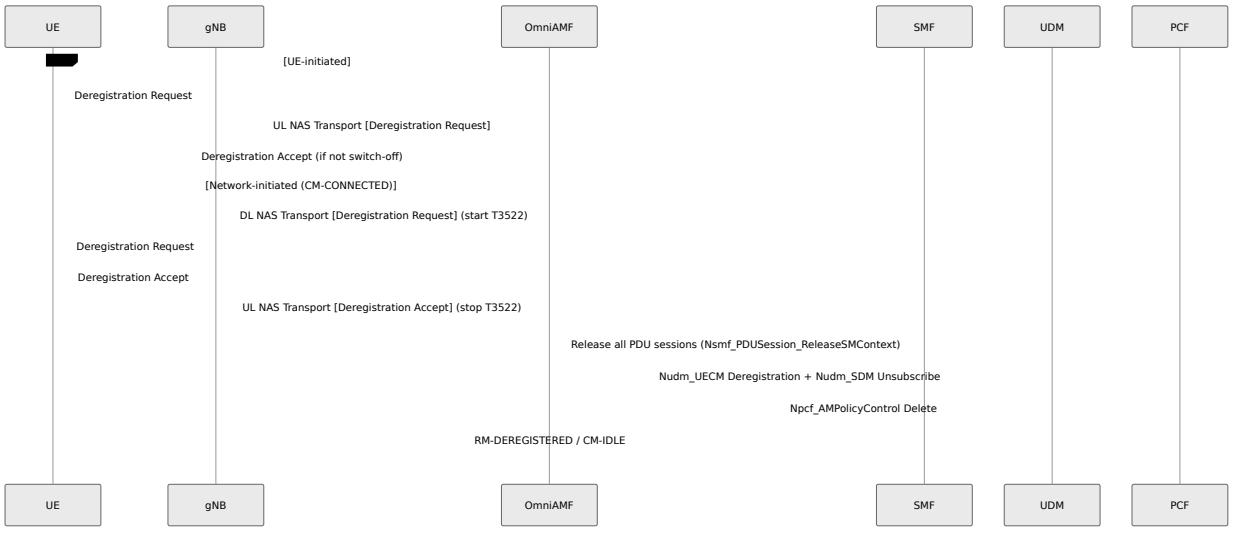
# **N1N2** 消息传输和寻呼

根据 TS 29.518 §5.2.2.3.2，CM-IDLE 情况返回 **202 Accepted**，并带有指向创建的 N1N2 转移状态资源的 `Location` 头，寻呼作为 NGAP 寻呼发送到每个服务 UE 的 TAI 列表的 gNB。寻呼在 T3513 定时器上重新传输，直到达到重试限制，之后将引发寻呼失败事件。

## 服务请求（用户平面重新激活）

当 CM-IDLE 注册的 UE 有上行数据或响应寻呼时，它发送服务请求。AMF 重新建立 AS 安全（从存储的 K_AMF 重新派生 K_gNB / NH），交付任何缓冲的 N1N2 消息，并要求 SMF 重新激活每个活动 PDU 会话的用户平面，以便重建 DRB/N3 隧道（TS 23.502 §4.2.3.2）。





如果 UE 不是 RM-REGISTERED，AMF 将返回 服务拒绝（5GMM 原因 #9 无法派生 UE 身份），以强制使用 SUCI 重新注册。

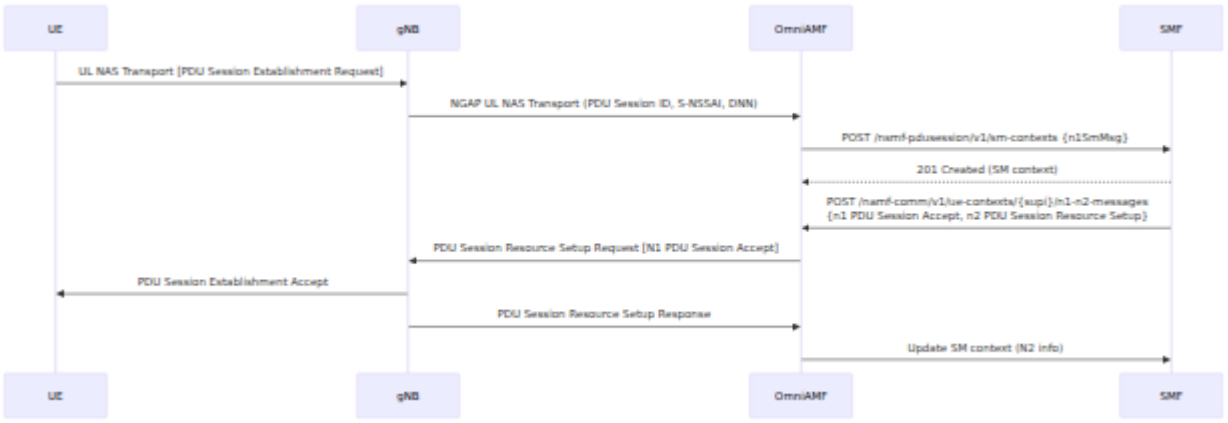
## 注销

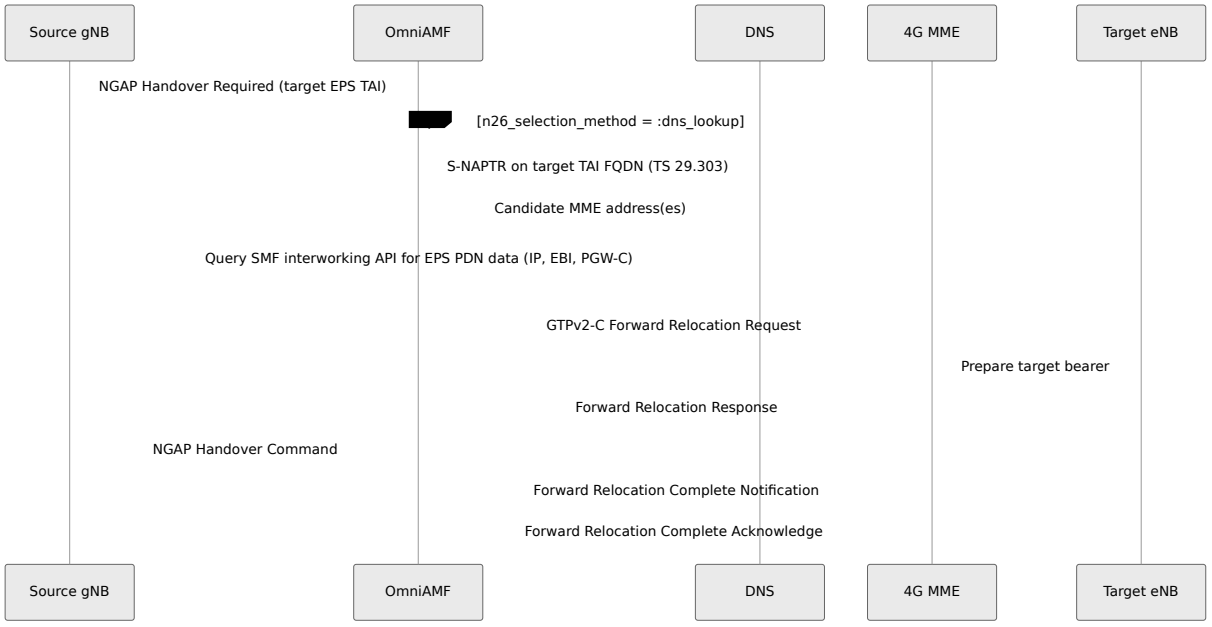
注销可以是 UE 发起的或网络发起的（通过 管理/OAM API）。网络发起的注销在 UE 处于 CM-CONNECTED 时为 `:explicit`（或 `:reregistration_required`，发送 NAS 注销请求在 T3522 下）；否则，它将退回到隐式本地 + SBI 拆除。

在 显式 注销时，存储的原生安全上下文被丢弃（UE 也丢弃其上下文）；在 隐式 注销（例如移动可达/隐式注销定时器到期）时，上下文被保留，以便返回的 UE 仍然可以 GUTI 恢复。

# N2 / Xn 切换（内5GS 移动性）

OmniAMF 支持 5G 系统内 gNB 之间的 AMF 锚定切换路径：





- **N2** 切换（HandoverPreparation）：源 gNB 发送 **Handover Required**；AMF 驱动 **Handover Request** 向目标 gNB，转发 **Handover Command** 回源，并在 **Handover Notify** 上完成。处理 HandoverFailure 和 HandoverCancel。
- **Xn** 切换（PathSwitchRequest）：目标 gNB 在 UE 已经通过 Xn 移动后发送 **Path Switch Request**；AMF 更新 PDU 会话下行隧道并返回 **Path Switch Request Acknowledge**。

## N26 切换（5G → 4G）

对于 4G→5G，MME 向 AMF 的 N26 端点发送转发重定位请求；AMF 将 EPS 上下文映射到 5GS 并推动目标 gNB。

## 错误处理 N2 程序

除了上述主线程序外，AMF 处理两个 N2 程序，以在出现问题时保持 gNB 和 AMF 状态一致：

- **NGAP** 错误指示（TS 38.413 §8.7.5）。由任一对等方发送，以报告无法处理的 NGAP 消息（未知 UE NGAP ID、语法/抽象语法错误、意外程序）。AMF 记录报告的 `Cause`，并在消息携带 UE NGAP ID 时，调和或释放受影响的 UE 关联，而不是留下半开放的上下文。当 AMF 收到无法与已知 UE 关联的 NGAP PDU 时，AMF 也会向 gNB 发出自己的错误指示。
- **gNB** 发起的 **UE** 上下文释放请求（TS 38.413 §8.3.2）。gNB 请求 AMF 释放 UE 的逻辑 N2 上下文（例如在无线链路故障或用户不活动时），提供一个 `Cause`。AMF 通过驱动 **UE** 上下文释放命令/完成交换来响应，释放与 SMF 相关联的 PDU 会话 N3 隧道，并将 UE 移动到 CM-IDLE。这与 AMF/OAM 发起的 `release` 操作不同，后者由 AMF 自行启动。

---

# NGAP 程序摘要

AMF 对以下 NGAP（N2）基本程序（TS 38.413）采取行动。接口管理和错误处理程序适用于整个关联；其余程序适用于每个 UE。

| 类别 | 程序 |
| --- | --- |
| 接口管理 | NG 设置、NG 重置、AMF 配置更新、RAN 配置更新、错误指示 |
| NAS 传输 | 初始 UE 消息、上行/下行 NAS 传输 |
| UE 上下文管理 | 初始上下文设置、UE 上下文修改、UE 上下文释放（AMF 发起）、UE 上下文释放请求（gNB 发起） |
| PDU 会话管理 | PDU 会话资源设置/修改/释放 |
| 移动性 | 切换准备（N2）、路径切换（Xn）、切换取消、切换通知 |
| 寻呼 | 寻呼 |

目标 **MME** 发现

对于 5G→4G 切换，AMF 必须定位服务目标 eNB 的 EPS 跟踪区域的 GTPv2-C 对等方（目标 MME）。其方法由 `n26_selection_method` 决定：

- `:dns_lookup`（默认）：**S-NAPTR** 发现（**TS 29.303 §5.4**）。AMF 从 NGAP `targeteNB-ID` 中提取目标 EPS TAI（PLMN + 16 位 TAC），构建 EPS TAI FQDN

  ```
  tac-lb<lo>.tac-hb<hi>.tac.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.<domain>
  ```

  （MCC 零填充到 3 位，MNC 填充到 2–3 位，`<domain>` 来自 `n26_dns_servers`，默认 `3gppnetwork.org`），并对每个配置的 DNS 服务器依次发出 S-NAPTR 查询，针对 **`x-3gpp-mme:x-s10`** 应用服务。查询使用 TCP（EPC NAPTR 响应通常超过 512 字节的 UDP 限制）。第一个返回可用 IPv4 地址的候选者被用作目标 MME。这是传统 MME 执行的 S10 MME 到 MME 发现的镜像，因此相同的 EPC DNS 记录服务于两者。

- 回退到静态。如果每个配置的 DNS 服务器都失败或返回没有可用候选者（或无法从 NGAP `targeteNB-ID` 解析目标 EPS TAI），AMF 将回退到静态 `n26_mme_peer`（默认 `127.0.0.11:2123`）并记录回退。

- `:static`：无 **DNS**。将 `n26_selection_method` 设置为 `:static`（任何值而不是 `:dns_lookup`）以完全跳过发现并始终使用 `n26_mme_peer`。当您不运行 EPC DNS 时使用此方法。

请参见 N26 互通参数 和 高级参数（`n26_selection_method`、`n26_dns_servers`）以进行配置。

# 5GMM 定时器参考

这些定时器在 5GMM 状态机中每个 UE 上下文内运行（TS 24.501 §10.2）。

| 定时器 | 持续时间 | 触发 | 到期时的操作 |
| --- | --- | --- | --- |
| T3512 | 54 分钟（发送给 UE） | 注册接受 | UE 启动定期注册更新 |
| T3550 | 6 秒 | 发送注册接受 | 重新传输注册接受（最大重试次数） |
| T3560 | 6 秒 | 发送身份请求/SMC | 重新传输身份请求或 SMC（最大重试次数） |
| T3570 | 6 秒 | 发送身份请求 | 重新传输身份请求（最大重试次数） |
| T3513 | 6 秒 | 启动寻呼 | 重新传输寻呼，然后发出寻呼失败信号 |
| T3522 | 6 秒 | 发送网络注销请求 | 重新传输注销请求（最大重试次数） |
| T3555 | 6 秒 | 发送配置更新命令 | 重新传输配置更新命令（最大重试次数） |
| 移动可达 | T3512 + 4 分钟 | UE 进入 CM-IDLE | 启动隐式注销定时器 |
| 隐式注销 | ~58 分钟 | 移动可达到期 | 隐式注销 UE，释放会话 |

← 概述

# OmniAMF 故障排除

## 目录


- gNB 无法连接（SCTP 连接被拒绝）
- gNB NG 设置被拒绝（TA / PLMN 不匹配）
- UE 注册在认证时失败
- 安全模式完成后注册停滞
- 空闲 UE 重新附着时进行完全重新认证（无 GUTI 恢复）
- 来自 SMF 的 N1N2 消息未送达
- N26 切换到 4G 失败
- 未找到 SBI 请求的 UE 上下文


---

# gNB 无法连接（SCTP 连接被拒绝）

症状：gNB 报告没有 N2 连接；没有 NG 设置记录。

可能原因：

- `ngap_addr` 绑定到 gNB 无法到达的接口。
- 主机防火墙阻止 SCTP 在 `ngap_port`（38412）上。
- SCTP 内核支持缺失，或者端口已被其他进程占用。

解决方案：

1. 确认 `ngap_addr`/`ngap_port` 并确保绑定地址可以从 gNB 到达。
2. 在主机防火墙中允许 NGAP 端口上的 SCTP。
3. 验证 SCTP 在内核中可用且端口是空闲的。

# gNB NG 设置被拒绝（TA / PLMN 不匹配）

症状：SCTP 关联建立，但 gNB 从未变为操作状态：它在 NG 设置请求中收到 **NG** 设置失败 的响应，并且没有 UE 信令被传输。gNB 日志显示设置被拒绝。

可能原因：

- gNB 的 `SupportedTAList`（其 TAC 和广播 PLMN）不在 AMF 配置的 `supported_ta_list` 中，因此 AMF 无法服务该跟踪区域并拒绝设置（TS 38.413 §8.7.1）。
- gNB 的 PLMN 与 `supported_ta_list` 中的任何 PLMN 不匹配。

解决方案：

1. 将 gNB 配置的 TAC 和 PLMN 与 AMF 的 `supported_ta_list` 进行比较。
2. 对齐两者：要么将 gNB 的 TAC/PLMN 添加到 `supported_ta_list`，要么重新配置 gNB 以广播 AMF 已经服务的 TAC/PLMN。
3. 确认成功的 NG 设置：gNB 现在应该收到 NG 设置响应（请参见 NG 设置）。

# UE 注册在认证时失败

症状：注册从未完成；认证步骤出错。

可能原因：

- AUSF 在解析的 URI 上无法访问。
- 用户未在 UDM/UDR 中配置（AUSF 返回 404）。

解决方案：

1. 验证 AUSF 可达性（通过 NRF 发现或静态 `ausf_uri`）。
2. 确认用户的 SUPI/IMSI 已在 UDM/UDR 后端中配置。

## 安全模式完成后注册停滞

症状：认证成功，但从未发送注册接受。

可能原因：

- UDM 无法访问或在 AM 数据 / NSSAI / SMF 选择获取时超时。
- 在创建 AM 策略时 PCF 无法访问。

解决方案：

1. 确认 UDM 可达性并检查 UDM 日志中的 SUPI。
2. 确认在解析的 `pcf_uri` 上 PCF 可达。

# 空闲 **UE** 重新附着时进行完全重新认证（无 **GUTI** 恢复）

症状：返回的 UE 始终进行完整的 5G-AKA 而不是恢复。

可能原因：

- GUTI 上下文存储未运行（AMF 重启；ETS 表丢失）。
- NAS 完整性检查对存储的上下文失败（过时/轮换的密钥）。

解决方案：

1. 确认 AMF 在 UE 变为空闲和返回之间没有重启（存储在内存中）。
2. MAC 不匹配合法地回退到完整的 5G-AKA；验证 UE 和 AMF NAS 计数是否一致。

# 来自 **SMF** 的 **N1N2** 消息未送达

症状：SMF 发起的 N1N2 转移未到达 UE。

可能原因：

- UE 处于 CM-IDLE 状态，未对寻呼做出响应（超出覆盖范围 / 错误的 TAI 列表）。
- 对��� CM-CONNECTED 的 UE，UE 上下文中缺少 NGAP 标识符。

解决方案：

1. 对于 CM-IDLE，确认寻呼到达正确的 gNB（TAI 列表）并且 UE 在覆盖范围内。
2. 对于 CM-CONNECTED，确认 UE 上下文携带 gNB 关联和 NGAP UE ID（在初始 UE 消息期间设置）。

# N26 切换到 4G 失败

症状：5G→4G 切换从未到达 MME。

可能原因：

- `n26_addr` 留为 `0.0.0.0`，因此 F-TEIDs 广播了一个不可路由的地址。
- DNS S-NAPTR 发现未返回任何内容且没有可用的静态 `n26_mme_peer`。
- SMF 互通 API (`n26_smf_uri`) 无法访问，因此 EPS PDN 数据不可用。

解决方案：

1. 将 `n26_addr` 设置为 AMF 的可路由地址。
2. 验证 `n26_dns_servers` 解析目标 TAI FQDN，或将 `n26_selection_method: :static` 设置为有效的 `n26_mme_peer`。
3. 确认 `n26_smf_uri` 可达。

# 未找到 SBI 请求的 UE 上下文

症状：SBI 请求返回 `404 CONTEXT_NOT_FOUND`。

可能原因：

- `ueContextId` 与存储的 SUPI 不匹配。
- UE 尚未完成注册（上下文仍按 SUCI 键入，稍后提升为 SUPI）。

解决方案：

1. 确保 `ueContextId` 路径参数与 SUPI 完全匹配（例如 `imsi-999700000000001`）。
2. 确认 UE 已完成注册。