← Resumen

Operaciones de OmniNGAP

OmniNGAP es el **códec del protocolo NGAP** para el núcleo 5G de Omnitouch. NGAP (Protocolo de Aplicación NG, 3GPP TS 38.413) es el protocolo de señalización de capa de aplicación que se transporta a través de la **interfaz N2** entre una estación base NR 5G (gNB) y la Función de Gestión de Acceso y Movilidad (AMF). OmniNGAP compila la sintaxis completa de NGAP ASN.1 de TS 38.413 y proporciona la codificación y decodificación de Unidades de Datos de Protocolo NGAP (PDU) utilizando **Reglas de Codificación de Paquetes Alineados (APER)**, el formato de transmisión exigido por la especificación.

OmniNGAP se consume como una dependencia de construcción:

- **OmniAMF** vincula OmniNGAP para codificar y decodificar cada mensaje que intercambia con un gNB a través de N2 (Configuración NG, Configuración de Contexto Inicial, transporte NAS, Paginación, gestión de recursos de sesión PDU, Liberación de Contexto UE, Transferencia, etc.).
- **OmniSMF** produce los **contenedores de información SM de N2** (por ejemplo, la *Transferencia de Solicitud de Configuración de Recursos de Sesión PDU*) que el AMF incrusta dentro de los mensajes NGAP antes de que sean codificados. El SMF nunca habla directamente con N2; entrega estos contenedores de transferencia opacos al AMF, que es el único par NGAP del gNB.

Cómo se construye el códec

La sintaxis de NGAP se expresa como un conjunto de módulos ASN.1 bajo `asn1/`. En el momento de la construcción, estos módulos se compilan una vez, en orden de dependencia, en el códec de bajo nivel que realiza la codificación y decodificación APER. Esta compilación es solo una preocupación de

construcción: no hay nada que configurar o ajustar en tiempo de ejecución. Los módulos que componen la sintaxis de NGAP son:

Módulo ASN.1	Rol
NGAP-CommonDataTypes	Tipos base compartidos en la sintaxis (Criticality, Presence, ProcedureCode, ProtocolIE-ID)
NGAP-Constants	Asignaciones de código de procedimiento, identificador IE y constantes de cardinalidad
NGAP-Containers	Plantillas de contenedores genéricos de IE de Protocolo / Extensión de Protocolo
NGAP-IEs	Todas las definiciones de Elemento de Información NGAP, incluidos los contenedores de transferencia SM de N2
NGAP-PDU-Contents	Cuerpos de mensajes por procedimiento (cargas de InitiatingMessage / SuccessfulOutcome / UnsuccessfulOutcome)
NGAP-PDU-Descriptions	Tipo de NGAP-PDU de nivel superior y la tabla de despacho de procedimientos elementales

APER (Aligned PER) se utiliza deliberadamente: NGAP requiere codificación alineada según TS 38.413, por lo que el códec se genera en modo APER alineado en lugar de PER desalineado o BER.

Forma de PDU: las tres variantes de mensaje

Cada NGAP-PDU es una ELECCIÓN de exactamente una de tres variantes (cláusula 9.3.5 de TS 38.413). Por lo tanto, una decodificación siempre produce

una de estas, y el AMF hace una coincidencia de patrones en la variante para decidir cómo proceder:

Variante	Cuándo aparece	Significado
`initiatingMessage`	Abre un procedimiento elemental	El primer mensaje de un procedimiento (una solicitud, un informe o una indicación de una sola vez)
`successfulOutcome`	Cierra un procedimiento que tuvo éxito	La respuesta positiva a un mensaje de inicio (para procedimientos que esperan una respuesta)
`unsuccessfulOutcome`	Cierra un procedimiento que falló	La respuesta negativa, que lleva una **Causa** (ver la referencia de Causa a continuación)

Cada variante es una SECUENCIA de tres campos: el **procedureCode** (qué procedimiento elemental es este - ver la tabla de códigos a continuación), la **criticality** del mensaje y el **value** (el cuerpo del mensaje específico del procedimiento). Los procedimientos de clase 2 (fire-and-forget, como Paginación, Transporte NAS de enlace descendente, Indicación de error) no tienen resultado exitoso/fallido: consisten solo en un `initiatingMessage`. Los procedimientos de clase 1 (como NGSetup o InitialContextSetup) tienen uno o ambos resultados.

Criticality y Diagnósticos de Criticality

Cada IE y cada mensaje lleva una **criticality** extraída de `Criticality ::= ENUMERATED { reject, ignore, notify }` (cláusula 9.3.1 de TS 38.413). La criticality le dice a un receptor qué hacer cuando encuentra un IE (o un

mensaje completo) cuyo ID o tipo no entiende, o que no puede manejar en su estado actual:

Criticality	Comportamiento del receptor ante un ítem no entendido / no manejado
`reject`	Rechazar todo el procedimiento: el ítem es esencial, por lo que el mensaje no puede ser procesado
`ignore`	Saltar el ítem en silencio y procesar el resto del mensaje
`notify`	Procesar el mensaje sin el ítem, pero informar el ítem de vuelta al remitente en **Diagnósticos de Criticality**

Diagnósticos de Criticality (ProtocolIE-ID 19) es el IE que el receptor añade a su respuesta o Indicación de Error para informar al remitente exactamente qué IEs fueron rechazados, ignorados o notificados, y por qué. Es cómo los dos extremos reconcilian desajustes de versión o capacidad sin interrumpir la asociación.

OmniNGAP codifica y decodifica los campos de criticality y el IE de Diagnósticos de Criticality como cualquier otra parte de la PDU. No aplica la política de rechazar/ignorar/notificar por sí misma: decidir qué hacer con un IE desconocido o mal manejado, y construir los Diagnósticos de Criticality resultantes, es una lógica de procedimiento que vive en el AMF.

Referencias de Rol y Especificación 3GPP

Especificación	Relevancia
TS 38.413	Protocolo NGAP - conjunto de mensajes, Elementos de Información, códigos de procedimiento, valores de causa, codificación APER
TS 38.412	Transporte de señalización N2 - transporte de NGAP sobre SCTP
TS 23.502	Procedimientos del sistema 5G que se ejecutan sobre N2 (registro, establecimiento/modificación/liberación de sesión PDU, paginación, transferencia)
TS 23.501	Arquitectura del sistema 5G - posición del punto de referencia N2 entre gNB y AMF
ITU-T X.691	Reglas de Codificación de Paquetes (PER), la familia de codificación que NGAP utiliza en forma alineada

El ASN.1 compilado corresponde a la sintaxis NGAP **Rel-17 (serie h)** de TS 38.413, por lo que el conjunto completo de mensajes Rel-17 - incluidos el reanudación/suspensión de contexto UE, transferencia de estado temprano de RAN y procedimientos MBS (multicast/broadcast) - está presente en el códec compilado.

Procedimientos NGAP Soportados

OmniNGAP compila el **conjunto completo de procedimientos elementales NGAP** definidos por TS 38.413. Cualquier PDU NGAP bien formada para cualquiera de estos procedimientos puede ser decodificada, y cualquier término estructuralmente válido puede ser codificado: el códec no se restringe

a un subconjunto. Lo que se ejerce en la práctica es impulsado por el NF consumidor (principalmente el AMF).

La tabla a continuación enumera los procedimientos más relevantes para la operación AMF/SMF, con sus **códigos** de procedimiento **actuales** asignados en el módulo compilado `NGAP-Constants`. La dirección es la dirección del mensaje *inicial*.

Procedimiento	Código	Dirección	Propósito
NGSetup	21	gNB → AMF	Establecer la asociación NG (N2); intercambiar identidades d gNB/AMF, soporte de PLMN y slice
RANConfigurationUpdate	35	gNB → AMF	gNB actualiza su configuración en una asociación establecida
AMFConfigurationUpdate	0	AMF → gNB	AMF actualiza su informació de configuración asociación TN
NGReset	20	cualquiera	Reiniciar part toda la asociación NG
InitialUEMessage	15	gNB → AMF	Primer mensa NAS de un UE abriendo una conexión de señalización asociada al U
DownlinkNASTransport	4	AMF → gNB	Transportar u PDU NAS haci

Procedimiento	Código	Dirección	Propósito
			el UE
UplinkNASTransport	46	gNB → AMF	Transportar u PDU NAS des el UE
InitialContextSetup	14	AMF → gNB	Establecer contexto UE, seguridad y (opcionalmen recursos de sesión PDU er el gNB
UEContextModification	40	AMF → gNB	Modificar un contexto UE establecido
UEContextReleaseRequest	42	gNB → AMF	gNB solicita la liberación de conexión asociada al U
UEContextRelease	41	AMF → gNB	AMF ordena la liberación del contexto UE (Comando / Completo)
Paging	24	AMF → gNB	Paginación de un UE en mod inactivo en ur área de seguimiento

Procedimiento	Código	Dirección	Propósito
PDUSessionResourceSetup	29	AMF → gNB	Configurar recursos de sesión PDU en el gNB (transporta el contenedor SI N2 SM)
PDUSessionResourceModify	26	AMF → gNB	Modificar recursos de sesión PDU existentes
PDUSessionResourceModifyIndication	27	gNB → AMF	Modificación d recursos de sesión PDU iniciada por e gNB
PDUSessionResourceRelease	28	AMF → gNB	Liberar recurs de sesión PDU en el gNB
PDUSessionResourceNotify	30	gNB → AMF	Notificar cam de estado de flujo / sesión QoS
HandoverPreparation	12	gNB de origen → AMF	Transferencia basada en NG el gNB de origen solicita preparación para la transferencia

Procedimiento	Código	Dirección	Propósito
HandoverResourceAllocation	13	AMF → gNB de destino	Transferencia basada en NG solicitar recursos en e gNB de destir
HandoverNotification	11	gNB de destino → AMF	El gNB de destino confirma la llegada del UE
HandoverCancel	10	gNB de origen → AMF	Cancelar una transferencia progreso
PathSwitchRequest	25	gNB → AMF	Transferencia basada en Xn cambiar la rut de plano de usuario N3 al gNB de destir
ErrorIndication	9	cualquiera	Informar un error de protocolo no vinculado a u procedimient específico
UEContextResume	58	gNB → AMF	Reanudar un contexto UE suspendido (RRC-INACTIV

Procedimiento	Código	Dirección	Propósito
UEContextSuspend	59	gNB → AMF	Suspender un contexto UE

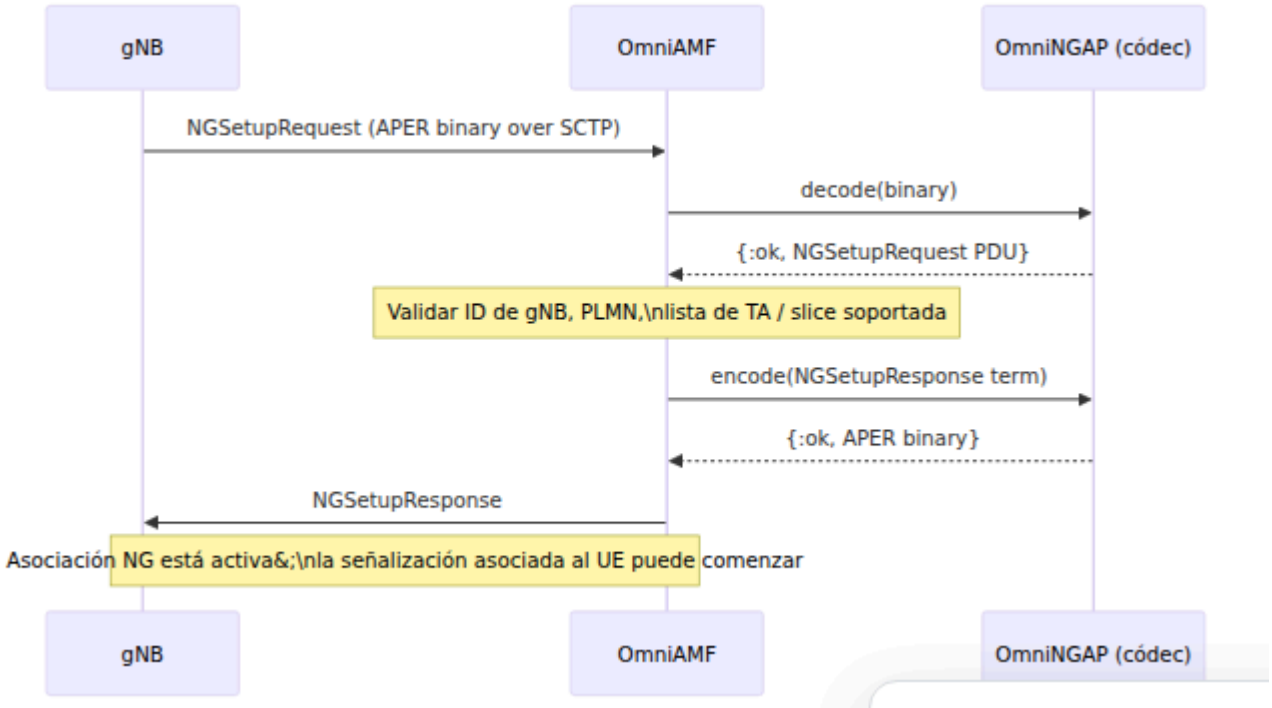
> Los otros procedimientos de TS 38.413 están todos presentes en la sintaxis compilada y pueden ser codificados/decodificados, pero no son parte de los flujos centrales de gestión de conexiones y gestión de sesiones del AMF. Estos incluyen (esta lista es ilustrativa, no exhaustiva) transporte NRPPa, gestión de trazas, difusión de mensajes de advertencia (PWS), informes de ubicación, transferencia de información RIM, informes de uso de RAT secundario, los procedimientos de difusión/multicast MBS, inicio/parada de sobrecarga, indicación de estado del AMF, redirección NAS e indicación de no entrega, informes de transición inactiva de RRC, transferencia de estado de RAN y estado temprano de RAN, y mensaje privado. La sintaxis compilada define el conjunto completo de procedimientos elementales de la liberación, por lo que cualquier procedimiento en TS 38.413 Rel-17 puede ser codificado incluso cuando no está listado aquí.

Flujos Clave de NGAP

Las siguientes secuencias muestran dónde OmniNGAP realiza la codificación/decodificación. El códec es la capa de traducción en el borde N2 del AMF; la lógica del procedimiento vive en el AMF (y, para los contenedores SM, el SMF).

Configuración NG

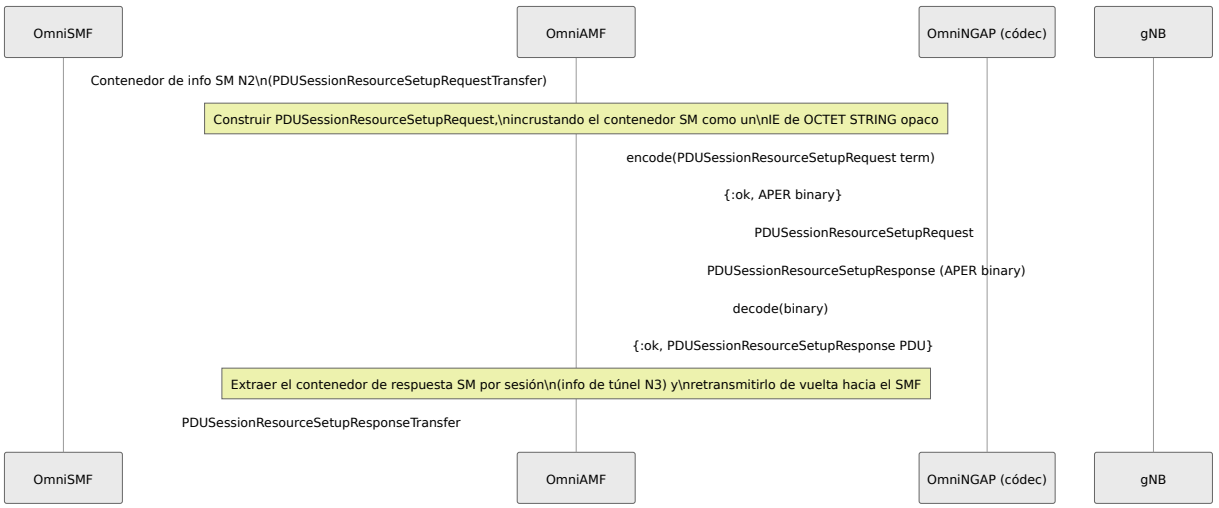
Establecimiento de asociación, se ejecuta una vez por asociación gNB–AMF antes de cualquier tráfico UE.



Si el AMF no puede atender al gNB (por ejemplo, un PLMN o slice no soportado), en su lugar codifica un **NGSetupFailure** que lleva un valor de **Causa** (ver referencia de Causa a continuación).

Configuración de Recursos de Sesión PDU sobre N2

Se ejecuta durante el establecimiento de la sesión PDU. El SMF construye el contenedor de información SM de N2; el AMF lo envuelve en un mensaje NGAP y OmniNGAP codifica toda la PDU.



El códec trata cada contenedor de información SM como una estructura de transferencia anidada dentro del mensaje de Recursos de Sesión PDU. El AMF

no interpreta el contenido del contenedor SM: lo retransmite entre el gNB y el SMF sin cambios.

Cargas opacas: PDUs NAS y contenedores SM

Dos familias de cargas distintas cruzan la interfaz N2 sin que NGAP mire dentro de ellas, y ambas están modeladas en ASN.1 como `OCTET STRING`:

- **PDUs NAS** - un mensaje NAS (registro, autenticación, solicitud de establecimiento de sesión PDU, etc.) se transporta dentro de NGAP como un opaco `NAS-PDU` OCTET STRING. Aparece en los procedimientos de transporte NAS (InitialUEMessage, DownlinkNASTransport, UplinkNASTransport) y también puede estar dentro de mensajes de InitialContextSetup y de sesión PDU. NGAP lo decodifica a los bytes en bruto; el AMF pasa esos bytes a su capa NAS (o los retransmite al UE): NGAP nunca analiza NAS.
- **Contenedores de información SM** - las estructuras de transferencia de sesión PDU construidas por el SMF descritas anteriormente, igualmente transportadas como OCTET STRINGs entre el gNB y el SMF.

La consecuencia práctica es la misma para ambos: OmniNGAP garantiza que la PDU *envolvente* esté bien formada y devuelve (o transmite) los bytes internos tal cual. Si esos bytes internos son un mensaje NAS válido o un contenedor SM válido es la preocupación de la capa NAS y del SMF respectivamente, nunca del códec NGAP. Esta es la razón por la que una falla dentro de un PDU NAS o un contenedor SM nunca se presenta como un error de codificación/decodificación de NGAP.

Valores de Causa NGAP

Cada mensaje de fallo o liberación de NGAP lleva una **Causa**, una ELECCIÓN que selecciona uno de cinco grupos de causa definidos en TS 38.413 (cláusula 9.3.1.2). OmniNGAP codifica y decodifica los cinco grupos y sus valores enumerados. La ELECCIÓN `Cause` es:

Grupo de causa	Significado	Uso típico
radioNetwork	Razón de la capa de red de radio	Resultados de transferencia, pérdida de enlace de radio, inactividad del usuario, falta de recursos, slice-no-soportado
transport	Razón de la capa de red de transporte	Recurso de transporte no disponible
nas	Razón de la capa NAS	Liberación normal, fallo de autenticación, desregistro
protocol	Error de protocolo NGAP	Errores de sintaxis abstracta/transferencia, mensaje-no-compatible-con-el-estado-del-receptor
misc	Razón miscelánea	Sobrecarga, fallo de hardware, intervención de O&M, PLMN/SNPN desconocido

Valores enumerados representativos dentro de cada grupo (todos según la cláusula 9.3.1.2 de TS 38.413):

Grupo	Valor	Significado
radioNetwork	successful-handover	Transferencia completada con éxito
radioNetwork	handover-cancelled	Transferencia abortada por el lado de origen
radioNetwork	user-inactivity	Conexión liberada debido a inactividad del UE
radioNetwork	radio-connection-with-ue-lost	Se perdió el enlace de radio con el UE
radioNetwork	radio-resources-not-available	gNB no tiene recursos de radio para la solicitud
radioNetwork	unknown-PDU-session-ID	La sesión PDU referenciada es desconocida en el par
radioNetwork	slice-not-supported	El S-NSSAI solicitado no es soportado
radioNetwork	ims-voice-eps-fallback-or-rat-fallback-triggered	Recaída a EPS/otro RAT para voz IMS
radioNetwork	release-due-to-ngran-generated-reason	Liberación iniciada por NG-RAN
radioNetwork	release-due-to-5gc-generated-reason	Liberación iniciada por 5GC
transport	transport-resource-unavailable	No hay recursos de transporte (N3/TNL) disponibles
transport	unspecified	Fallo de capa de transporte no especificado

Grupo	Valor	Significado
nas	normal-release	Liberación normal iniciada por NAS
nas	authentication-failure	Fallo de autenticación del UE
nas	deregister	Desregistro del UE
protocol	transfer-syntax-error	PDU no pudo ser decodificada (mala sintaxis de transferencia)
protocol	abstract-syntax-error-reject	PDU semánticamente inválida, rechazada
protocol	message-not-compatible-with-receiver-state	Mensaje inválido para el estado actual del par
protocol	semantic-error	Error semántico en una PDU de otro modo decodificable
misc	control-processing-overload	El par está sobrecargado
misc	hardware-failure	Fallo de hardware del par
misc	om-intervention	Intervención de operaciones y mantenimiento
misc	unknown-PLMN-or-SNPN	PLMN/SNPN no reconocido por el par
misc	unspecified	Fallo misceláneo no especificado

El grupo radioNetwork es el más grande e incluye el conjunto completo de Rel-17 (expiraciones de temporizador de transferencia, acceso-denegado NPN/CAG, RedCap-no-soportado, causas relacionadas con MBS, y más). Los valores anteriores son los que se ven más comúnmente en los flujos de gestión de conexiones y sesiones del AMF.

Integración

Cómo el AMF utiliza OmniNGAP

- **Entrante:** Las cargas SCTP recibidas en la asociación N2 se pasan al punto de entrada de decodificación del códec, que devuelve una PDU NGAP estructurada (una de las tres variantes de mensaje - `initiatingMessage`, `successfulOutcome` o `unsuccessfulOutcome`) o un error etiquetado. Las PDUs mal formadas o truncadas devuelven un error en lugar de hacer que el AMF se bloquee, y se registran para que un mensaje de par defectuoso nunca sea silencioso.
- **Saliente:** El AMF construye el término PDU para el procedimiento que está ejecutando, luego llama al punto de entrada de codificación del códec para obtener la codificación APER alineada escrita en la asociación SCTP. El codificador devuelve el resultado como iodata (una iolist), que el llamador aplana a un binario antes de la transmisión.
- El AMF posee toda la semántica del procedimiento: población de IE, opcionalidad y manejo de criticality. OmniNGAP solo garantiza que un término estructuralmente válido se codifica a un binario conforme a la especificación y que un binario conforme a la especificación se decodifica al término correspondiente.

Cómo el SMF utiliza OmniNGAP

El SMF no llama directamente al códec para el transporte N2. Construye los **contenedores de transferencia de información SM de N2** (por ejemplo, *Transferencia de Solicitud de Configuración de Recursos de Sesión PDU*, *… Modificar Solicitud de Transferencia*, *… Comando de Liberación de Transferencia*) que el AMF incrusta dentro del mensaje NGAP correspondiente

de Recursos de Sesión PDU. Esos contenedores se transportan como OCTET STRINGs opacos en la capa NGAP y se codifican/decodifican como parte de la PDU envolvente mediante el uso de OmniNGAP.

← Resumen

Solución de problemas de OmniNGAP

Debido a que OmniNGAP es una biblioteca de códec en tiempo de compilación sin superficie en tiempo de ejecución, no hay nada que configurar, reiniciar o raspar. Su comportamiento observable se limita a cómo trata los binarios que le entrega el NF consumidor (el AMF). La observabilidad a nivel de señalización de N2 proviene del AMF, no de esta biblioteca.

Decodificación de PDUs malformados o truncados

Los PDUs malformados o truncados devuelven un error etiquetado en lugar de hacer que el NF consumidor se bloquee. Cuando un gNB envía un mensaje que el códec no puede decodificar:

- El punto de entrada de decodificación devuelve un error etiquetado en lugar de generar una excepción, por lo que un mensaje de par defectuoso nunca derriba el AMF.
- El AMF registra la falla, por lo que un mensaje de par defectuoso nunca es silencioso.
- La señal correspondiente de la capa NGAP al par es una **Causa** del grupo `protocol` - por ejemplo `transfer-syntax-error` (el PDU no pudo ser decodificado) o `abstract-syntax-error-reject` (el PDU era decodificable pero semánticamente inválido). Consulte la referencia de Valores de Causa NGAP para el conjunto completo.

La decodificación está anclada al primer PDU en el búfer: una vez que se ha leído un PDU completo y bien formado, se ignoran los bytes restantes después de él en lugar de rechazarlos. NGAP sobre SCTP entrega un PDU por mensaje, por lo que no se espera datos adicionales en operación normal; una decodificación que tiene éxito mientras un par cree que envió contenido

adicional apunta a un error de enmarcado en el par o en la capa SCTP, no en el códec.

Fallos de codificación

OmniNGAP garantiza solo que un término *estructuralmente válido* se codifica en un binario conforme a la especificación. La población de IE, opcionalidad y criticidad son responsabilidad del AMF. Por lo tanto, un error de codificación apunta al término que construyó el AMF (un IE obligatorio faltante, un valor fuera de su rango restringido o un contenedor SM anidado malformado) en lugar de al códec en sí.

Problemas de carga útil opaca (PDUs NAS y contenedores SM)

NGAP transporta dos tipos de carga útil como Cadenas OCTET opacas sin inspeccionarlas: PDUs NAS y contenedores de información SM producidos por el SMF. OmniNGAP no interpreta ninguno de los dos.

- **Contenedores SM** - si una transferencia de gestión de sesión parece corrupta de extremo a extremo pero el PDU NGAP que la contiene se codifica y decodifica correctamente, la falla radica en cómo el SMF construyó el contenedor o cómo el AMF lo colocó, no en el códec NGAP.
- **PDUs NAS** - de igual manera, si un mensaje NAS está malformado pero el PDU NGAP que lo contiene (InitialUEMessage, DownlinkNASTransport, UplinkNASTransport, etc.) está bien formado, la falla está en la capa NAS, no en NGAP.

La regla general: una codificación/decodificación limpia del PDU que lo contiene significa que la capa NGAP hizo su trabajo: busque dentro del propietario de la carga útil opaca (la capa NAS o el SMF) para encontrar la corrupción.