← Visão Geral

Operações do OmniNGAP

OmniNGAP é o **codec do protocolo NGAP** para o Omnitouch 5G Core. NGAP (NG Application Protocol, 3GPP TS 38.413) é o protocolo de sinalização da camada de aplicação transportado pela **interface N2** entre uma estação base 5G NR (gNB) e a Função de Gerenciamento de Acesso e Mobilidade (AMF). OmniNGAP compila a sintaxe completa do NGAP ASN.1 do TS 38.413 e fornece codificação e decodificação de Unidades de Dados de Protocolo NGAP (PDUs) usando **Regras de Codificação de Pacote Alinhadas (APER)**, o formato de transmissão exigido pela especificação.

OmniNGAP é consumido como uma dependência de construção:

- **OmniAMF** vincula o OmniNGAP para codificar e decodificar cada mensagem que troca com um gNB sobre N2 (Configuração NG, Configuração Inicial de Contexto, transporte NAS, Paginação, gerenciamento de Recursos de Sessão PDU, Liberação de Contexto UE, Transferência, etc.).
- **OmniSMF** produz os **contenedores de informação SM N2** (por exemplo, o *Transferência de Solicitação de Configuração de Recurso de Sessão PDU*) que o AMF incorpora dentro das mensagens NGAP antes de serem codificadas. O SMF nunca se comunica diretamente com N2; ele entrega esses contêineres de transferência opacos ao AMF, que é o único par NGAP do gNB.

Como o codec é construído

A sintaxe NGAP é expressa como um conjunto de módulos ASN.1 sob `asn1/`. No tempo de construção, esses módulos são compilados uma vez, na ordem de dependência, no codec de baixo nível que realiza a codificação e decodificação APER. Essa compilação é uma preocupação de construção apenas - não há

nada a configurar ou ajustar em tempo de execução. Os módulos que compõem a sintaxe NGAP são:

Módulo ASN.1	Papel
NGAP-CommonDataTypes	Tipos base compartilhados na sintaxe (Criticality, Presence, ProcedureCode, ProtocolIE-ID)
NGAP-Constants	Código de procedimento, identificador IE e atribuições de constante de cardinalidade
NGAP-Containers	Modelos de contêiner genérico de IE de Protocolo / Extensão de Protocolo
NGAP-IEs	Todas as definições de Elemento de Informação NGAP, incluindo os contêineres de transferência SM N2
NGAP-PDU-Contents	Corpos de mensagem por procedimento (InitiatingMessage / SuccessfulOutcome / UnsuccessfulOutcome)
NGAP-PDU-Descriptions	Tipo NGAP-PDU de nível superior e a tabela de despacho de procedimento elementar

APER (Aligned PER) é usado deliberadamente: o NGAP requer codificação alinhada por TS 38.413, então o codec é gerado no modo APER alinhado em vez de PER não alinhado ou BER.

Forma do PDU: as três variantes de mensagem

Cada NGAP-PDU é uma ESCOLHA de exatamente uma das três variantes (cláusula 9.3.5 do TS 38.413). Uma decodificação, portanto, sempre resulta em

uma dessas, e o AMF faz a correspondência de padrões na variante para decidir como proceder:

Variante	Quando aparece	Significado
`initiatingMessage`	Abre um procedimento elementar	A primeira mensagem de um procedimento (uma solicitação, um relatório ou uma indicação de uma única vez)
`successfulOutcome`	Fecha um procedimento que teve sucesso	A resposta positiva a uma mensagem inicial (para procedimentos que esperam uma resposta)
`unsuccessfulOutcome`	Fecha um procedimento que falhou	A resposta negativa, carregando uma **Causa** (veja a referência de Causa abaixo)

Cada variante é uma SEQUÊNCIA de três campos: o **procedureCode** (qual procedimento elementar é este - veja a tabela de códigos abaixo), a **criticality** da mensagem e o **value** (o corpo da mensagem específico do procedimento). Procedimentos de Classe 2 (fire-and-forget, como Paginação, Transporte NAS de Downlink, Indicação de Erro) não têm resultado bem-sucedido/sem sucesso - consistem apenas em uma `initiatingMessage`. Procedimentos de Classe 1 (como NGSetup ou InitialContextSetup) têm um ou ambos os resultados.

Criticalidade e Diagnósticos de Criticalidade

Cada IE, e cada mensagem, carrega uma **criticality** extraída de `Criticality ::= ENUMERATED { reject, ignore, notify }` (cláusula 9.3.1 do TS 38.413). A criticalidade informa a um receptor o que fazer quando encontra um IE (ou uma

mensagem inteira) cujo ID ou tipo não entende, ou que não pode lidar em seu estado atual:

Criticalidade	Comportamento do receptor em um item não entendido / não tratado
`reject`	Rejeitar todo o procedimento - o item é essencial, portanto a mensagem não pode ser processada
`ignore`	Ignorar silenciosamente o item e processar o restante da mensagem
`notify`	Processar a mensagem sem o item, mas relatar o item de volta ao remetente em **Diagnósticos de Criticalidade**

Diagnósticos de Criticalidade (ProtocolIE-ID 19) é o IE que o receptor adiciona à sua resposta ou Indicação de Erro para informar ao remetente exatamente quais IEs foram rejeitados, ignorados ou notificados, e por quê. É assim que as duas extremidades reconciliam discrepâncias de versão ou capacidade sem interromper a associação.

OmniNGAP codifica e decodifica os campos de criticalidade e o IE de Diagnósticos de Criticalidade como qualquer outra parte do PDU. Ele **não** aplica a política de rejeitar/ignorar/notificar em si - decidir o que fazer com um IE desconhecido ou mal tratado, e construir os Diagnósticos de Criticalidade resultantes, é uma lógica de procedimento que reside no AMF.

Referências de Papel e Especificação 3GPP

Especificação	Relevância
TS 38.413	Protocolo NGAP - conjunto de mensagens, Elementos de Informação, códigos de procedimento, valores de causa, codificação APER
TS 38.412	Transporte de sinalização N2 - transporte do NGAP sobre SCTP
TS 23.502	Procedimentos do sistema 5G que ocorrem sobre N2 (registro, estabelecimento/modificação/liberação de sessão PDU, paginação, transferência)
TS 23.501	Arquitetura do sistema 5G - posição do ponto de referência N2 entre gNB e AMF
ITU-T X.691	Regras de Codificação de Pacote (PER), a família de codificação que o NGAP usa em forma alinhada

O ASN.1 compilado corresponde à sintaxe NGAP **Rel-17 (série h)** do TS 38.413, portanto, o conjunto completo de mensagens Rel-17 - incluindo Retomada/Suspensão de Contexto UE, transferência de status inicial da RAN e procedimentos MBS (multicast/broadcast) - está presente no codec compilado.

Procedimentos NGAP Suportados

OmniNGAP compila o **conjunto completo de procedimentos elementares NGAP** definidos pelo TS 38.413. Qualquer PDU NGAP bem formada para qualquer um desses procedimentos pode ser decodificada, e qualquer termo estruturalmente válido pode ser codificado - o codec não se restringe a um

subconjunto. O que é exercido na prática é impulsionado pelo NF consumidor (principalmente o AMF).

A tabela abaixo lista os procedimentos mais relevantes para a operação AMF/SMF, com seus códigos de procedimento **atuais** conforme atribuído no módulo compilado `NGAP-Constants`. A direção é a direção da mensagem *inicial*.

Procedimento	Código	Direção	Propósito
NGSetup	21	gNB → AMF	Estabelecer a associação NG (N2); trocar identidades gNB/AMF, suporte PLMN e slice
RANConfigurationUpdate	35	gNB → AMF	gNB atualiza sua configuração em uma associação estabelecida
AMFConfigurationUpdate	0	AMF → gNB	AMF atualiza suas informações de configuração / associação TNL
NGReset	20	qualquer	Redefinir parte ou toda a associação NG
InitialUEMessage	15	gNB → AMF	Primeira mensagem NAS de um UE, abrindo uma conexão de sinalização associada ao U
DownlinkNASTransport	4	AMF → gNB	Transportar um PDU NAS em

Procedimento	Código	Direção	Propósito
			direção ao UE
UplinkNASTransport	46	gNB → AMF	Transportar um PDU NAS do UE
InitialContextSetup	14	AMF → gNB	Estabelecer contexto UE, segurança e (opcionalmente recursos de sessão PDU no gNB
UEContextModification	40	AMF → gNB	Modificar um contexto UE estabelecido
UEContextReleaseRequest	42	gNB → AMF	gNB solicita a liberação da conexão associada ao U
UEContextRelease	41	AMF → gNB	AMF ordena a liberação do contexto UE (Comando / Completo)
Paging	24	AMF → gNB	Pagar um UE em modo ocioso em uma área de rastreamento

Procedimento	Código	Direção	Propósito
PDUSessionResourceSetup	29	AMF → gNB	Configurar recursos de sessão PDU no gNB (transporta o contêiner SM N2)
PDUSessionResourceModify	26	AMF → gNB	Modificar recursos de sessão PDU existentes
PDUSessionResourceModifyIndication	27	gNB → AMF	Modificação de recurso de sessão PDU iniciada pelo gNB
PDUSessionResourceRelease	28	AMF → gNB	Liberar recurso de sessão PDU no gNB
PDUSessionResourceNotify	30	gNB → AMF	Notificar mudança de status de fluxo sessão QoS
HandoverPreparation	12	gNB de origem → AMF	Transferência baseada em NG: gNB de origem solicita preparação para transferência

Procedimento	Código	Direção	Propósito
HandoverResourceAllocation	13	AMF → gNB de destino	Transferência baseada em NG: solicitar recursos no gN de destino
HandoverNotification	11	gNB de destino → AMF	gNB de destino confirma a chegada do UE
HandoverCancel	10	gNB de origem → AMF	Cancelar uma transferência em andamento
PathSwitchRequest	25	gNB → AMF	Transferência baseada em Xn mudar o caminho do plano de usuário N3 para o gNB de destino
ErrorIndication	9	qualquer	Relatar um erro de protocolo não vinculado a um procedimento específico
UEContextResume	58	gNB → AMF	Retomar um contexto UE suspenso (RRC-INACTIVE)

Procedimento	Código	Direção	Propósito
UEContextSuspend	59	gNB → AMF	Suspender um contexto UE

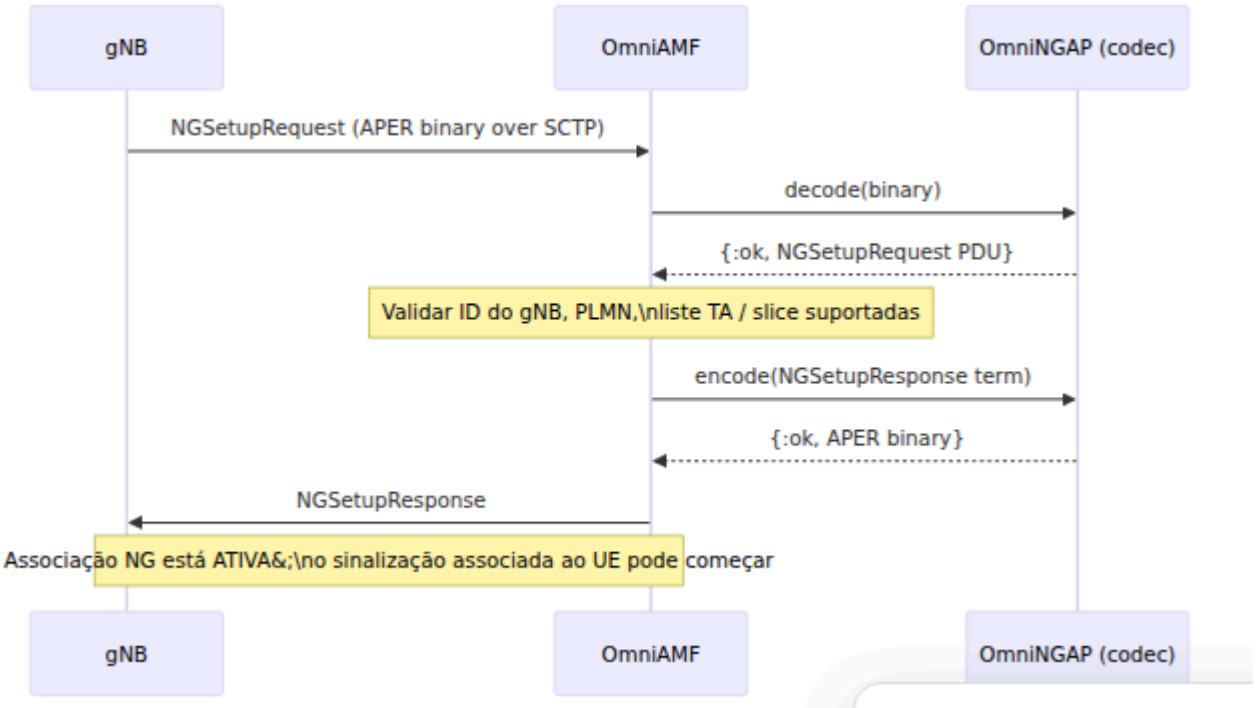
> Os outros procedimentos do TS 38.413 estão todos presentes na sintaxe compilada e podem ser codificados/decodificados, mas não fazem parte dos fluxos principais de gerenciamento de conexão e gerenciamento de sessão do AMF. Estes incluem (esta lista é ilustrativa, não exaustiva) transporte NRPPa, gerenciamento de rastreamento, transmissão de mensagem de aviso (PWS), relatório de localização, transferência de informações RIM, relatório de uso de RAT secundário, os procedimentos de transmissão/multicast MBS, início/parada de sobrecarga, indicação de status do AMF, redirecionamento NAS e indicação de não entrega, relatório de transição RRC inativa, transferência de status da RAN e da RAN inicial, e mensagem privada. A sintaxe compilada define o conjunto completo de procedimentos elementares da versão, então qualquer procedimento no TS 38.413 Rel-17 pode ser codificado mesmo quando não está listado aqui.

Fluxos Chave NGAP

As seguintes sequências mostram onde o OmniNGAP realiza codificação/decodificação. O codec é a camada de tradução na borda N2 do AMF; a lógica do procedimento reside no AMF (e, para contêineres SM, no SMF).

Configuração NG

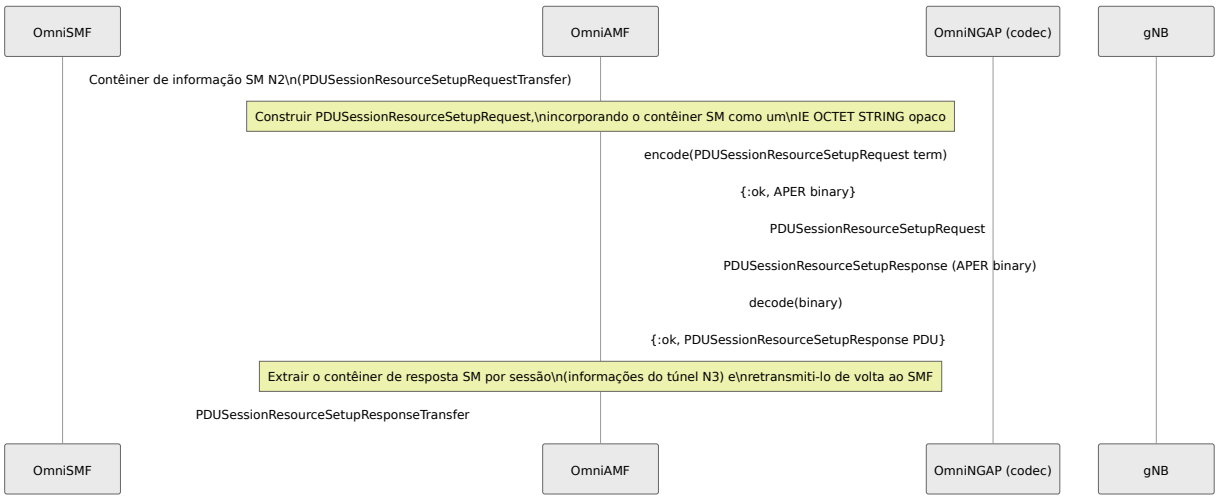
Estabelecimento de associação, executado uma vez por associação gNB–AMF antes de qualquer tráfego UE.



Se o AMF não puder atender o gNB (por exemplo, um PLMN ou slice não suportado), ele codifica um **NGSetupFailure** carregando um valor de **Causa** (veja a referência de Causa abaixo).

Configuração de Recurso de Sessão PDU sobre N2

Executa durante o estabelecimento da sessão PDU. O SMF constrói o contêiner de informação SM N2; o AMF o envolve em uma mensagem NGAP e o OmniNGAP codifica todo o PDU.



O codec trata cada contêiner de informação SM como uma estrutura de transferência aninhada dentro da mensagem de Recurso de Sessão PDU. O

AMF não interpreta o conteúdo do contêiner SM - ele os retransmite entre o gNB e o SMF sem alterações.

Payloads opacos: PDUs NAS e contêineres SM

Duas famílias de payloads distintas cruzam a interface N2 sem que o NGAP olhe dentro delas, e ambas são modeladas no ASN.1 como `OCTET STRING`:

- **PDUs NAS** - uma mensagem NAS (registro, autenticação, solicitação de estabelecimento de sessão PDU, etc.) é transportada dentro do NGAP como um `NAS-PDU` OCTET STRING opaco. Ela aparece nos procedimentos de transporte NAS (InitialUEMessage, DownlinkNASTransport, UplinkNASTransport) e também pode ser transportada dentro de mensagens de InitialContextSetup e de sessão PDU. O NGAP a decodifica para os bytes brutos; o AMF passa esses bytes para sua camada NAS (ou os retransmite para o UE) - o NGAP nunca analisa NAS.
- **Contêineres de informação SM** - as estruturas de transferência de sessão PDU construídas pelo SMF descritas acima, igualmente transportadas como OCTET STRINGs entre o gNB e o SMF.

A consequência prática é a mesma para ambos: o OmniNGAP garante que o PDU *envolvente* esteja bem formado e devolve (ou transmite) os bytes internos verbatim. Se esses bytes internos são uma mensagem NAS válida ou um contêiner SM válido é a preocupação da camada NAS e do SMF, respectivamente, nunca do codec NGAP. É por isso que uma falha dentro de um PDU NAS ou contêiner SM nunca aparece como um erro de codificação/decodificação NGAP.

Valores de Causa NGAP

Cada mensagem de falha ou liberação NGAP carrega uma **Causa**, uma ESCOLHA selecionando um dos cinco grupos de causa definidos no TS 38.413 (cláusula 9.3.1.2). O OmniNGAP codifica e decodifica todos os cinco grupos e seus valores enumerados. A ESCOLHA `Cause` é:

Grupo de Causa	Significado	Uso típico
radioNetwork	Razão da camada de rede de rádio	Resultados de transferência, perda de link de rádio, inatividade do usuário, indisponibilidade de recursos, slice-não-suportado
transport	Razão da camada de rede de transporte	Recurso de transporte indisponível
nas	Razão da camada NAS	Liberação normal, falha de autenticação, desregistro
protocol	Erro de protocolo NGAP	Erros de sintaxe abstrata/transferência, mensagem-não-compatível-com-o-estado-do-receptor
misc	Razão diversificada	Sobrecarga, falha de hardware, intervenção de O&M, PLMN/SNPN desconhecido

Valores enumerados representativos dentro de cada grupo (todos conforme cláusula 9.3.1.2 do TS 38.413):

Grupo	Valor	Significado
radioNetwork	successful-handover	Transferência concluída com sucesso
radioNetwork	handover-cancelled	Transferência abortada pelo lado de origem
radioNetwork	user-inactivity	Conexão liberada devido à inatividade do UE
radioNetwork	radio-connection-with-ue-lost	Link de rádio para o UE foi perdido
radioNetwork	radio-resources-not-available	gNB não tem recursos de rádio para a solicitação
radioNetwork	unknown-PDU-session-ID	A sessão PDU referenciada é desconhecida no par
radioNetwork	slice-not-supported	S-NSSAI solicitado não é suportado
radioNetwork	ims-voice-eps-fallback-or-rat-fallback-triggered	Fallback para EPS/outro RAT para voz IMS
radioNetwork	release-due-to-ngran-generated-reason	Liberação iniciada pelo NG-RAN
radioNetwork	release-due-to-5gc-generated-reason	Liberação iniciada pelo 5GC
transport	transport-resource-unavailable	Nenhum recurso de transporte (N3/TNL) disponível
transport	unspecified	Falha de camada de transporte não especificada

Grupo	Valor	Significado
nas	normal-release	Liberação normal acionada pelo NAS
nas	authentication-failure	Autenticação do UE falhou
nas	deregister	Desregistro do UE
protocol	transfer-syntax-error	PDU não pôde ser decodificado (sintaxe de transferência ruim)
protocol	abstract-syntax-error-reject	PDU semanticamente inválido, rejeitado
protocol	message-not-compatible-with-receiver-state	Mensagem inválida para o estado atual do par
protocol	semantic-error	Erro semântico em um PDU de outra forma decodificável
misc	control-processing-overload	Par está sobrecarregado
misc	hardware-failure	Falha de hardware do par
misc	om-intervention	Intervenção de operações e manutenção
misc	unknown-PLMN-or-SNPN	PLMN/SNPN não reconhecido pelo par
misc	unspecified	Falha diversificada não especificada

O grupo radioNetwork é o maior e inclui todo o conjunto Rel-17 (expirações de temporizador de transferência, acesso negado NPN/CAG, RedCap-não-suportado, causas relacionadas ao MBS, e mais). Os valores acima são os mais comumente vistos nos fluxos de gerenciamento de conexão e sessão do AMF.

Integração

Como o AMF usa o OmniNGAP

- **Entrante:** Os payloads SCTP recebidos na associação N2 são passados para o ponto de entrada de decodificação do codec, que retorna um PDU NGAP estruturado (uma das três variantes de mensagem - `initiatingMessage`, `successfulOutcome` ou `unsuccessfulOutcome`) ou um erro marcado. PDUs malformadas ou truncadas retornam um erro em vez de travar o AMF, e são registradas para que uma mensagem de par ruim nunca fique silenciosa.
- **Saída:** O AMF constrói o termo PDU para o procedimento que está executando, então chama o ponto de entrada de codificação do codec para obter a codificação APER alinhada escrita na associação SCTP. O codificador retorna o resultado como iodata (uma iolist), que o chamador achata para um binário antes da transmissão.
- O AMF possui toda a semântica do procedimento - população de IE, opcionalidade e tratamento de criticalidade. O OmniNGAP apenas garante que um termo estruturalmente válido codifica para um binário conforme a especificação e que um binário conforme a especificação decodifica para o termo correspondente.

Como o SMF usa o OmniNGAP

O SMF não chama o codec diretamente para transporte N2. Ele constrói os **contenedores de transferência de informação SM N2** (por exemplo, *Transferência de Solicitação de Configuração de Recurso de Sessão PDU*, *… Modificar Solicitação Transferência*, *… Comando de Liberação Transferência*) que o AMF incorpora dentro da mensagem NGAP correspondente de Recurso de Sessão PDU. Esses contêineres são transportados como OCTET STRINGs opacos

na camada NGAP e codificados/decodificados como parte do PDU envolvente pelo uso do OmniNGAP pelo AMF.

← Visão Geral

Solução de Problemas do OmniNGAP

Como o OmniNGAP é uma biblioteca de codec em tempo de compilação sem superfície em tempo de execução, não há nada a configurar, reiniciar ou coletar. Seu comportamento observável está confinado a como trata os binários entregues a ele pelo NF consumidor (o AMF). A observabilidade em nível de sinalização do N2 vem do AMF, não desta biblioteca.

Decodificação de PDUs malformados ou truncados

PDUs malformados ou truncados retornam um erro marcado em vez de derrubar o NF consumidor. Quando um gNB envia uma mensagem que o codec não consegue decodificar:

- O ponto de entrada de decodificação retorna um erro marcado em vez de levantar uma exceção, de modo que uma mensagem de par ruim nunca derruba o AMF.
- O AMF registra a falha, portanto, uma mensagem de par ruim nunca é silenciosa.
- O sinal correspondente da camada NGAP para o par é uma **Causa** do grupo `protocol` - por exemplo, `transfer-syntax-error` (o PDU não pôde ser decodificado) ou `abstract-syntax-error-reject` (o PDU era decodificável, mas semanticamente inválido). Consulte a referência Valores de Causa NGAP para o conjunto completo.

A decodificação é ancorada ao primeiro PDU no buffer: uma vez que um PDU completo e bem formado foi lido, quaisquer bytes restantes após ele são ignorados em vez de rejeitados. NGAP sobre SCTP entrega um PDU por mensagem, portanto, dados restantes não são esperados em operação normal; uma decodificação que tem sucesso enquanto um par acredita que enviou

conteúdo adicional aponta para uma falha de estruturação no par ou na camada SCTP, não no codec.

Falhas de codificação

O OmniNGAP garante apenas que um termo *estruturalmente válido* é codificado em um binário conforme a especificação. A população de IE, opcionalidade e criticidade são responsabilidade do AMF. Portanto, um erro de codificação aponta para o termo que o AMF construiu (um IE obrigatório ausente, um valor fora de seu intervalo restrito ou um contêiner SM aninhado malformado) em vez de para o próprio codec.

Problemas de carga útil opaca (PDUs NAS e contêineres SM)

O NGAP transporta dois tipos de carga útil como OCTET STRINGS opacos sem inspecioná-los: PDUs NAS e contêineres de informações SM produzidos pelo SMF. O OmniNGAP não interpreta nenhum deles.

- **Contêineres SM** - se uma transferência de gerenciamento de sessão parecer corrompida de ponta a ponta, mas o PDU NGAP que a envolve codifica e decodifica corretamente, a falha está em como o SMF construiu o contêiner ou como o AMF o colocou, não no codec NGAP.
- **PDUs NAS** - da mesma forma, se uma mensagem NAS estiver malformada, mas o PDU NGAP que a envolve (InitialUEMessage, DownlinkNASTransport, UplinkNASTransport, e assim por diante) estiver bem formado, a falha está na camada NAS, não no NGAP.

A regra geral: uma codificação/decodificação limpa do PDU que envolve significa que a camada NGAP fez seu trabalho - procure dentro do proprietário da carga útil opaca (a camada NAS ou o SMF) pela corrupção.