

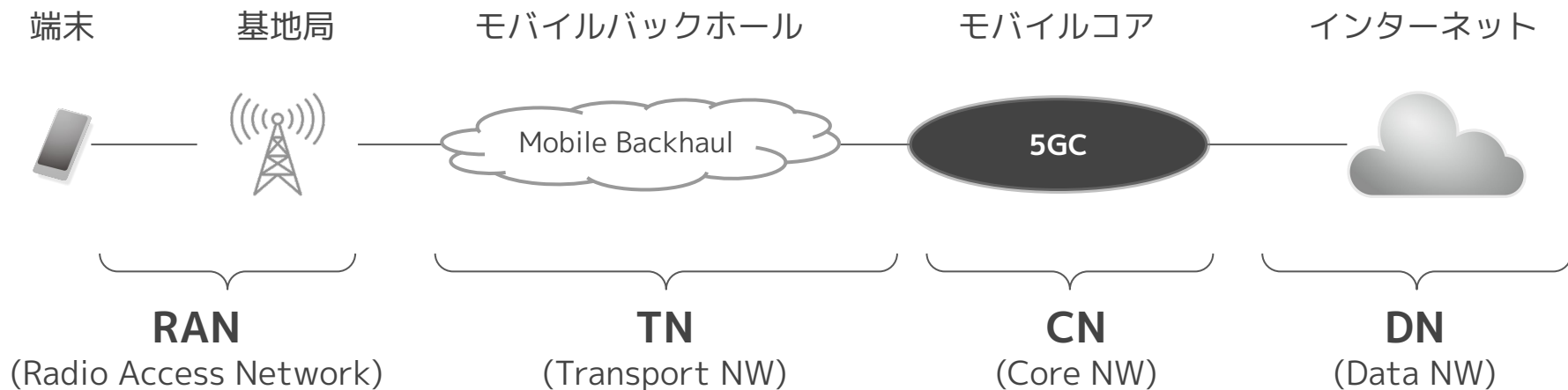


SoftBank

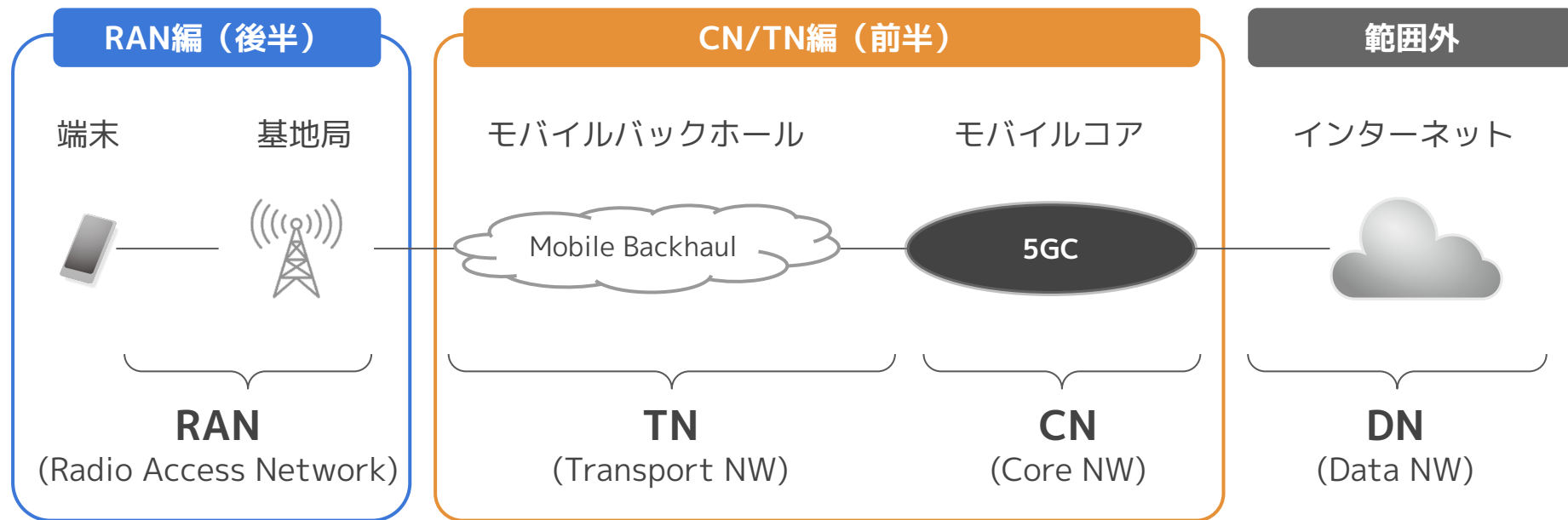
# 5Gモバイルネットワーク入門 CN/TN編

川上 雄也 (@yuyarin)  
Senior Network Architect, SoftBank

# モバイルネットワークの構成



# 本セッションの構成



# 標準化・仕様編

---

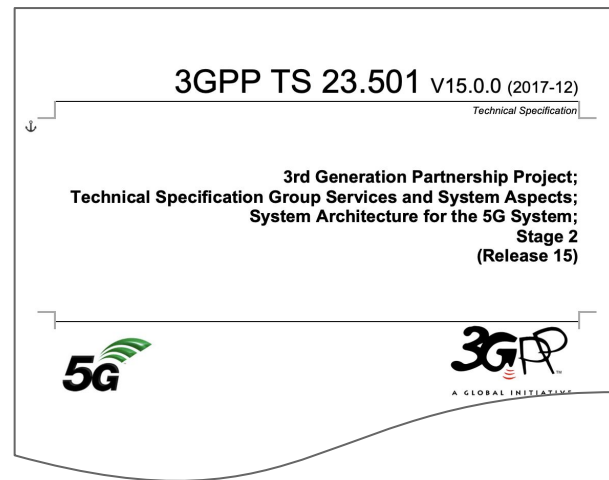
3GPPだと理解しておけばOKです



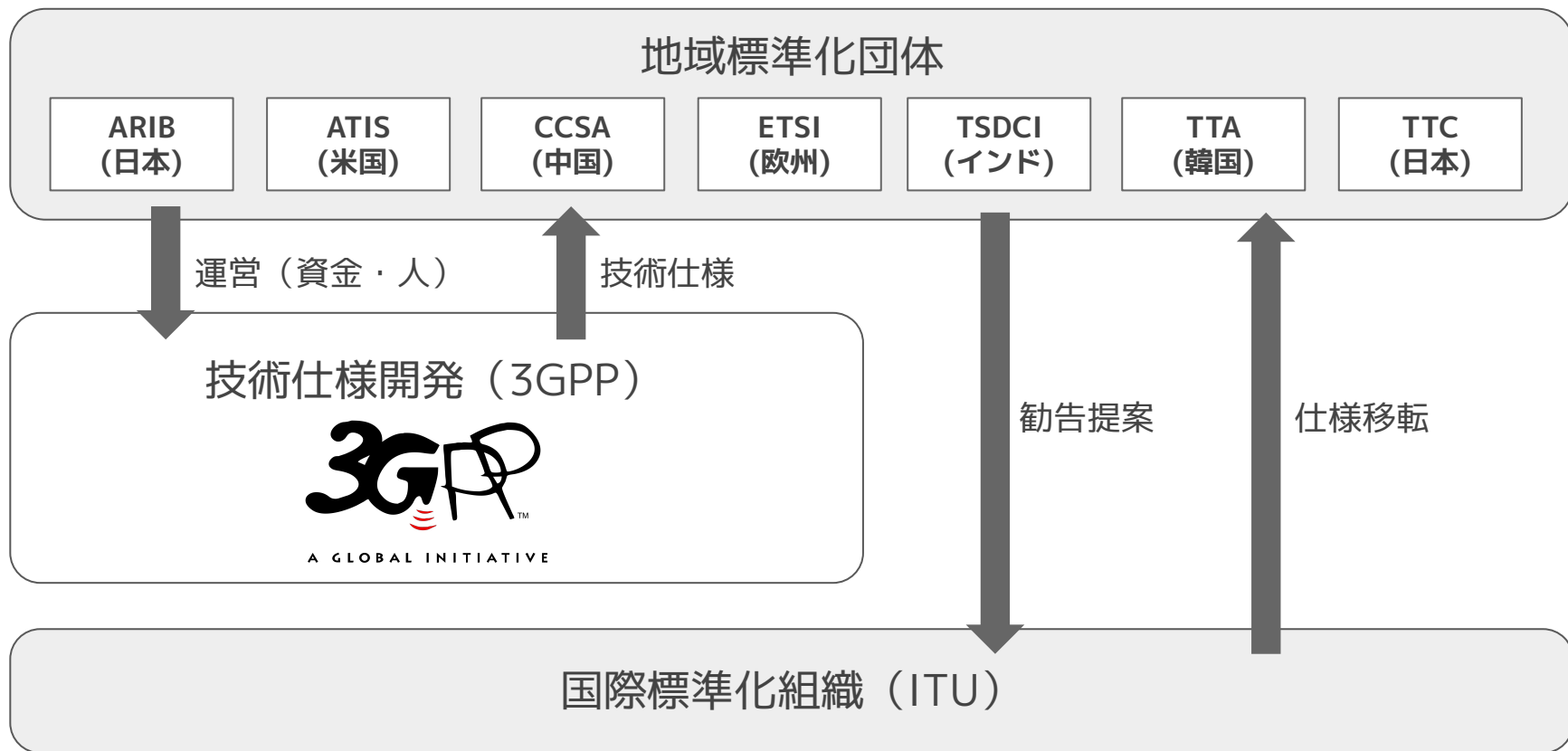
## 3GPP (3rd Generation Partnership Project)

<https://www.3gpp.org/>

- 7つの地域標準化団体の連合プロジェクト
- 1998年に3Gの標準化を行うために設立された
- 3つのTechnical Specification Group (TSG)
  - Radio Access Networks (RAN)
  - Services & Systems Aspects (SA)
  - Core Network & Terminals (CT)
- 15のWorking Group (WG)



# 【参考】モバイルの標準化機関の関係



# 5Gの仕様はどれを読めばいい？

Release 15のTS 23.501、TS 23.502をまず読みましょう

## Release

- 3GPPの仕様書は約2年ごとにReleaseとして更新される
- Release 15からが5Gの仕様です
- 現時点ではRelease 17の仕様が確定した状態でRelease 18に入れる仕様を集めている

Release	呼称
8~9	LTE
10~12	LTE-Advanced
13~14	LTE-Advanced Pro
15~17	5G
18~	5G-Advanced

仕様書	タイトル	内容
TS 23.501	<a href="#">System Architecture for the 5G System</a>	5Gのアーキテクチャ全体
TS 23.502	<a href="#">Procedures for the 5G System (5GS)</a>	5GSを動作させるための手順全体

→詳細はこれらのドキュメントから参照されている仕様書を追っていくと良い

# 3GPPの仕様書はどうやって探せばいいの？

最初は検索エンジンで出てくるETSIの仕様書を読むのが手っ取り早いです

- 3GPPの仕様書はWordファイルで公開されるため、PDF化されているETSIの仕様書を読むのが楽です
- V15.X.Xから始めるのがよいです
- 最初は細かいバージョンを気にしなくてもいいです
- なれてきたら細かいバージョンを気にしましょう
- 最新の情報を追うときは3GPPの方を参照するようにしましょう

The screenshot shows a search engine interface with the search term 'TS 23.502'. The results include a link to a 3GPP DynaReport and a list of ETSI technical specifications. A red box highlights the ETSI results.

TS 23.502

約 20,400 件 (0.28 秒)

ヒント: **日本語**の検索結果のみ表示します。検索言語は [表示設定] で指定できます。

<https://www.3gpp.org> › DynaReport · このページを訳す

**Specification # 23.502 - 3GPP**

2016/12/15 — Reference: **23.502**. Title: Procedures for the 5G System (5GS). Status: Under change control. Type: Technical specification (TS).

Initial planned Release : Release 15

<https://www.etsi.org> › etsi\_ts › ts\_123502v150200p PDF

**TS 123 502 - V15.2.0 - 5G - ETSI**

ETSI TS 123 502 V15.2.0 (2018-06). 5G;. Procedures for the 5G System. (3GPP TS 23.502 version 15.2.0 Release 15). TECHNICAL SPECIFICATION ...

<https://www.etsi.org> › etsi\_ts › ts\_123502v150401p PDF

**TS 123 502 - V15.4.1 - 5G - ETSI**

ETSI TS 123 502 V15.4.1 (2019-03). 5G;. Procedures for the 5G System (5GS). (3GPP TS 23.502 version 15.4.1 Release 15). TECHNICAL SPECIFICATION ...



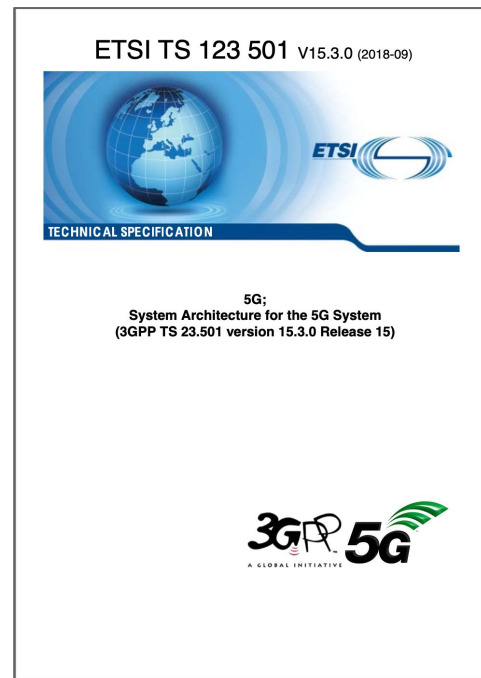
読んでOKです

- P.7で書いたとおり3GPPで合意された技術仕様はITUを通じて地域標準化団体の仕様となります。その一つが欧州のETSIです。
- 検索で目当てのバージョンが出てこないときはディレクトリをたどると良いです  
例) [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/123500\\_123599/123501/](https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/123500_123599/123501/)

## ETSIと3GPPの仕様書の対応

ETSI TS 123 501 V15.3.0 (2018-09)

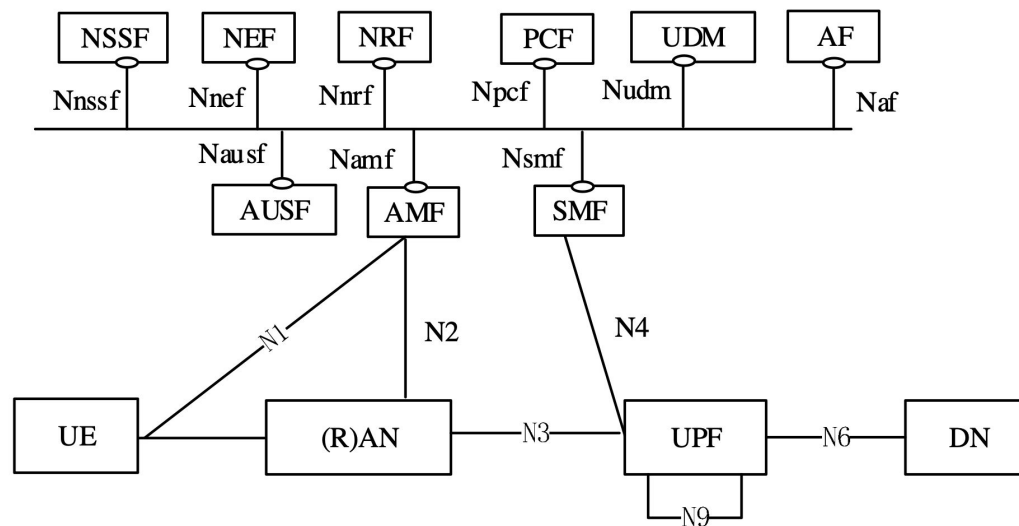
3GPP TS 23.501 version 15.3.0 Release 15



# 5G System アーキテクチャ

---

TS 23.501で定義されているアーキテクチャ図を頭に入れておきましょう



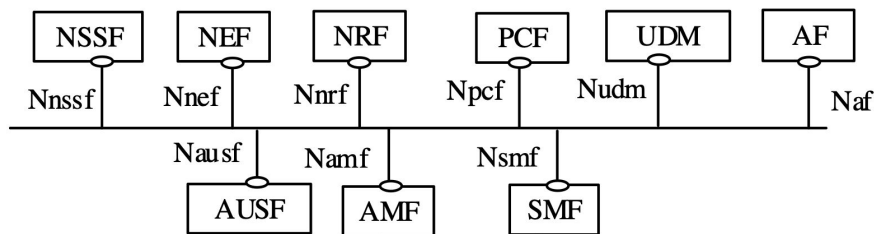
**Figure 4.2.3-1: 5G System architecture**

Ref: 3GPP TS 23.501 version 15.3.0, 4.2.3 Non-roaming reference architecture

コントロールプレーンとユーザプレーンに分類することができます

## コントロールプレーン(C-Plane)

通信を制御するための機能



## ユーザプレーン(U-Plane)

ユーザの通信を実現する機能

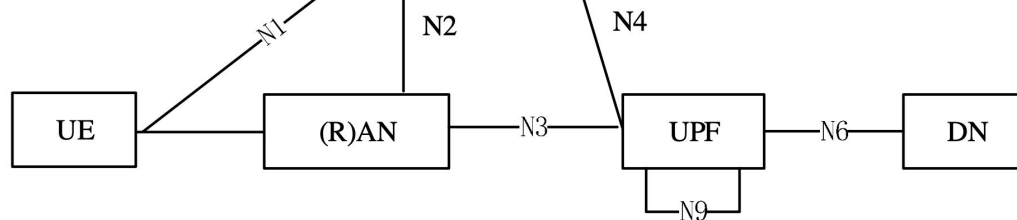


Figure 4.2.3-1: 5G System architecture

Ref: 3GPP TS 23.501 version 15.3.0, 4.2.3 Non-roaming reference architecture

Copyright © 2022 SoftBank Corp. all rights reserved.

コントロールプレーン内部の通信を「参照点」で表現した図もあります

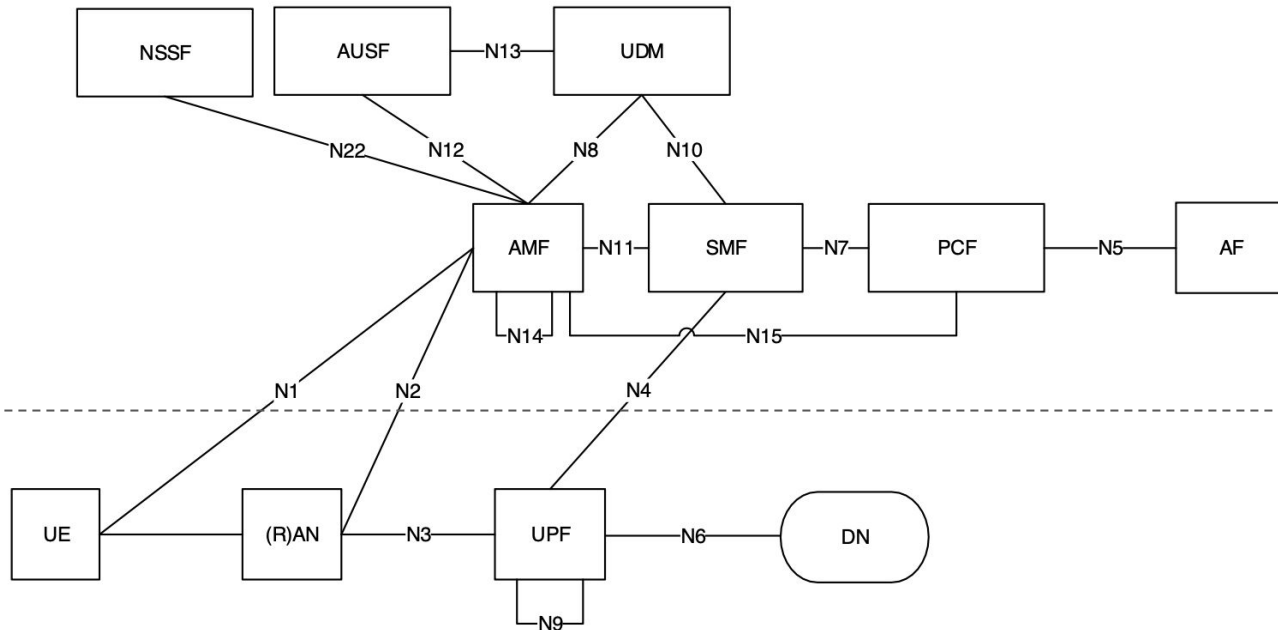


Figure 4.2.3-2: Non-Roaming 5G System Architecture in reference point representation

まずはユーザプレーンとそれを制御する部分に着目すると理解が早いです

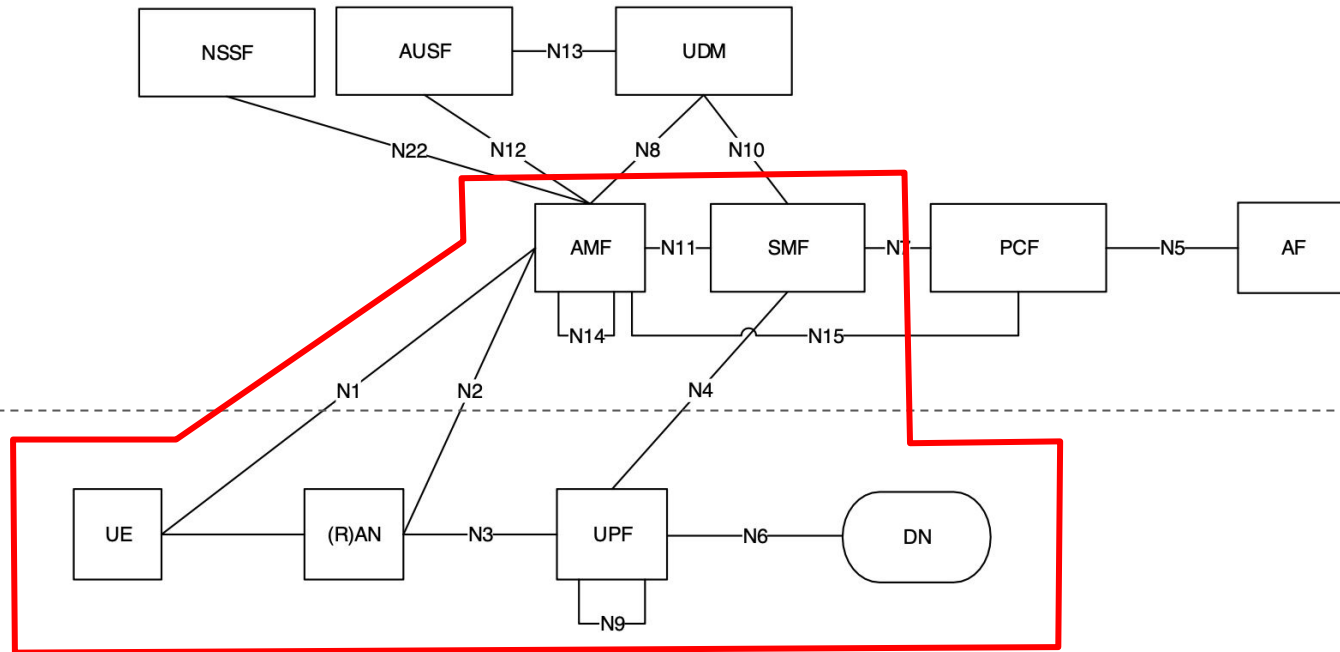


Figure 4.2.3-2: Non-Roaming 5G System Architecture in reference point representation

まずはユーザプレーンとそれを制御する部分に着目すると理解が早いです

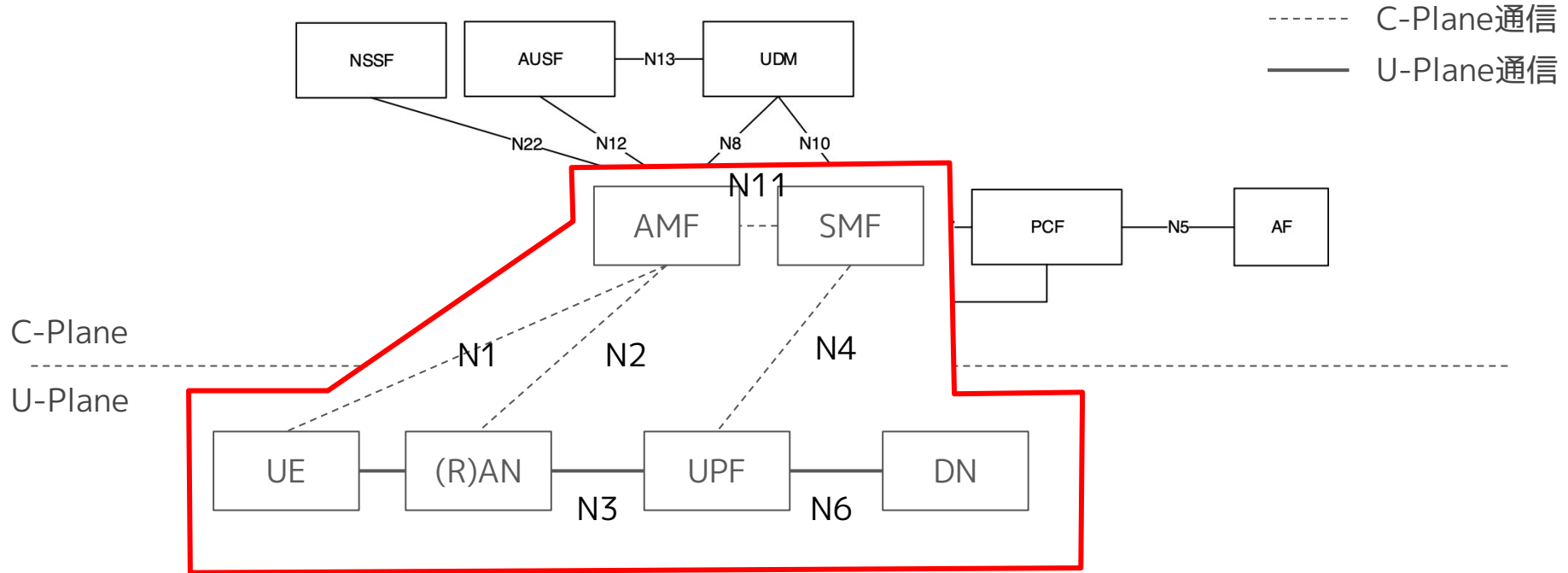
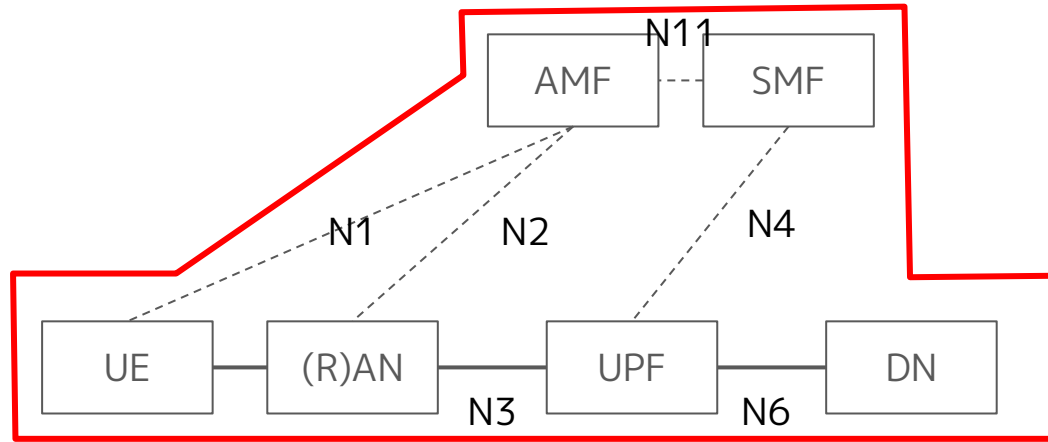
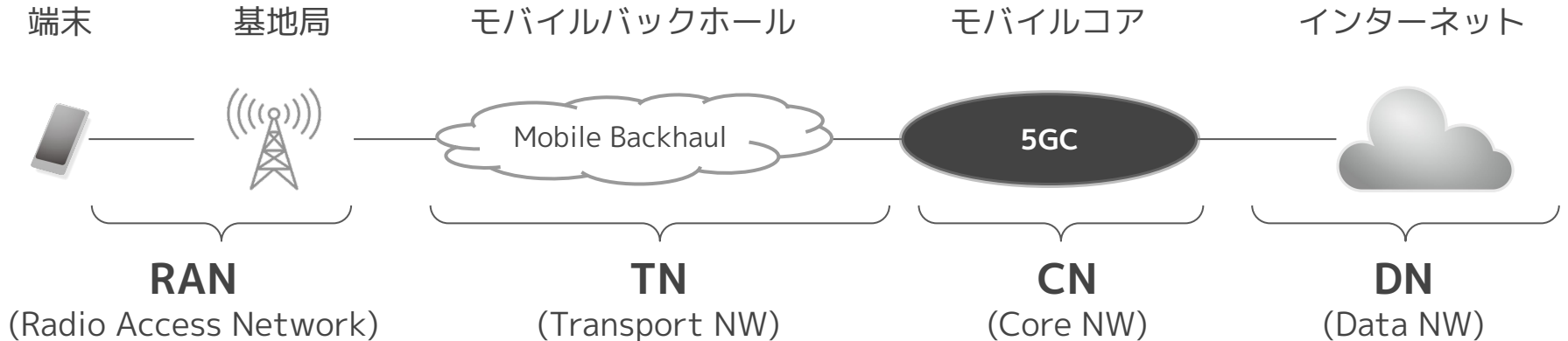


Figure 4.2.3-2: Non-Roaming 5G System Architecture in reference point representation

# ネットワーク構成へのマッピング

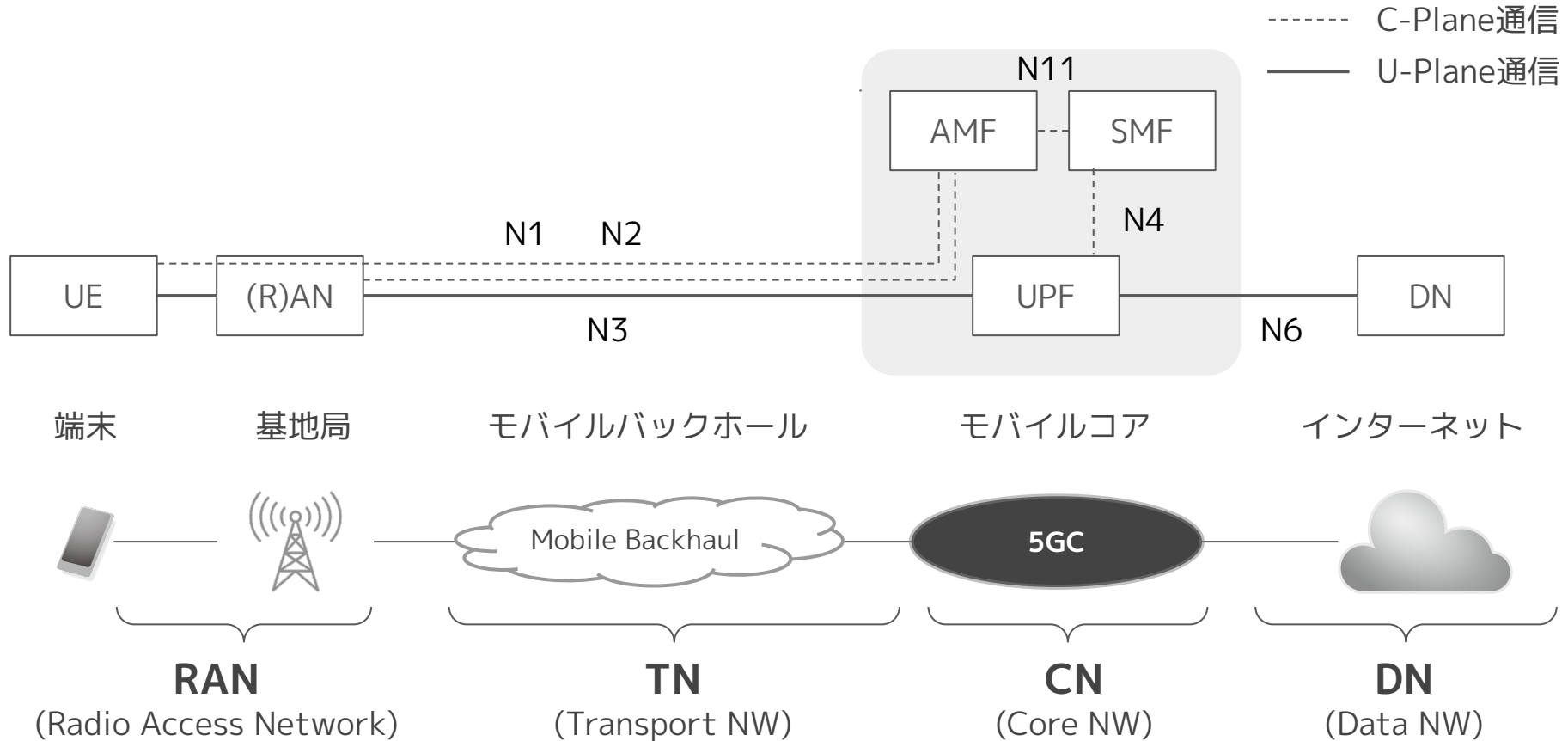


----- C-Plane通信  
—— U-Plane通信





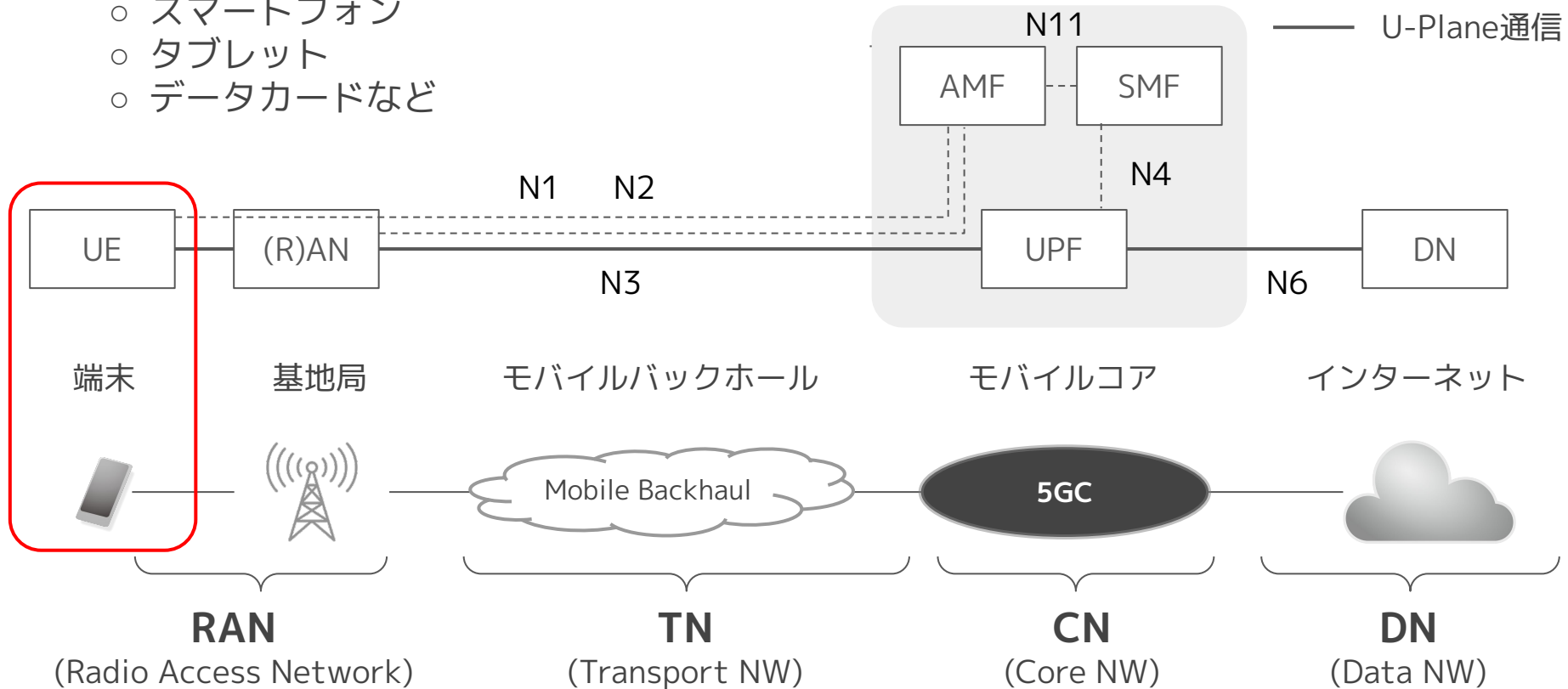
# ネットワーク構成へのマッピング



# UE - User Equipment

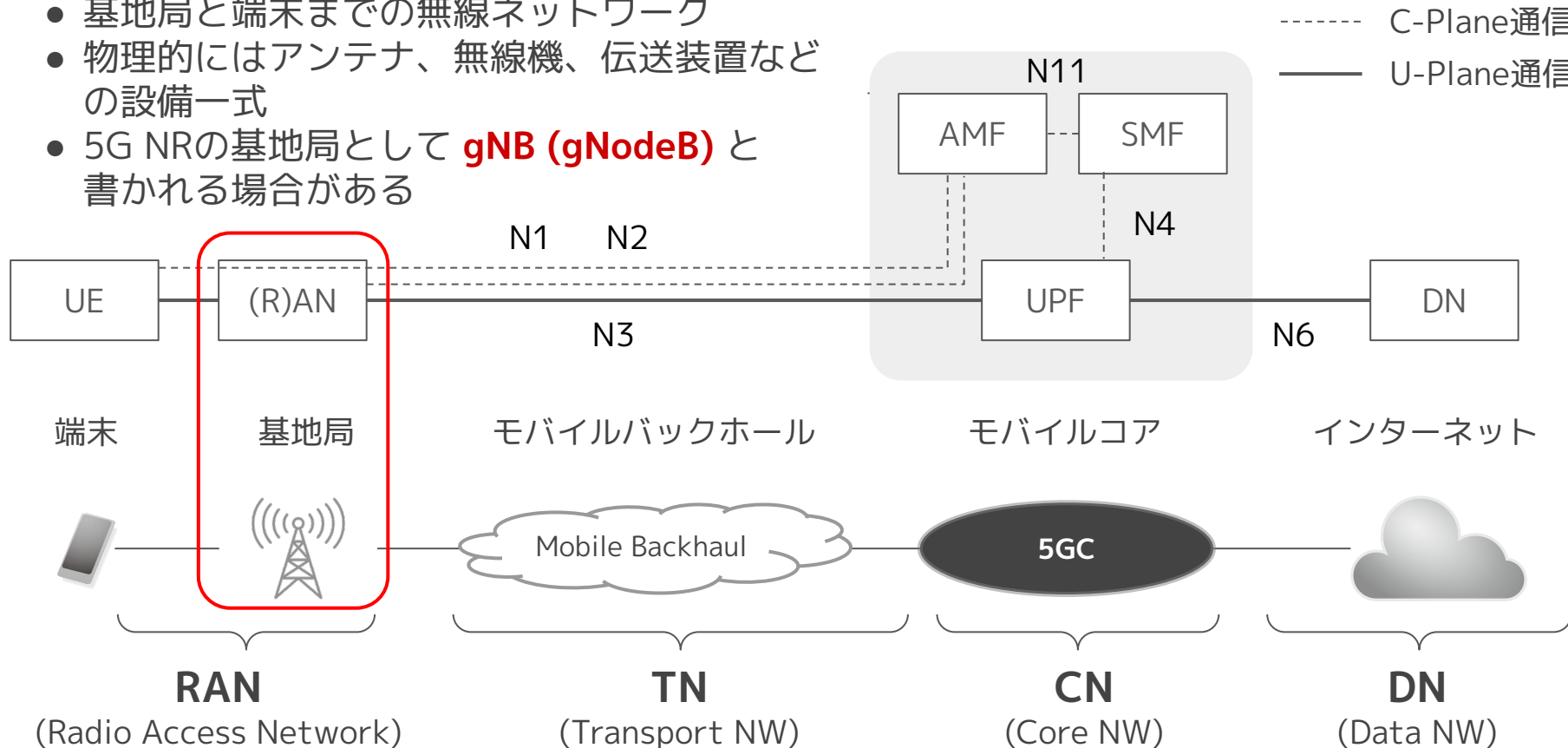
- エンドユーザが使用する端末
  - スマートフォン
  - タブレット
  - データカードなど

----- C-Plane通信  
 ——— U-Plane通信

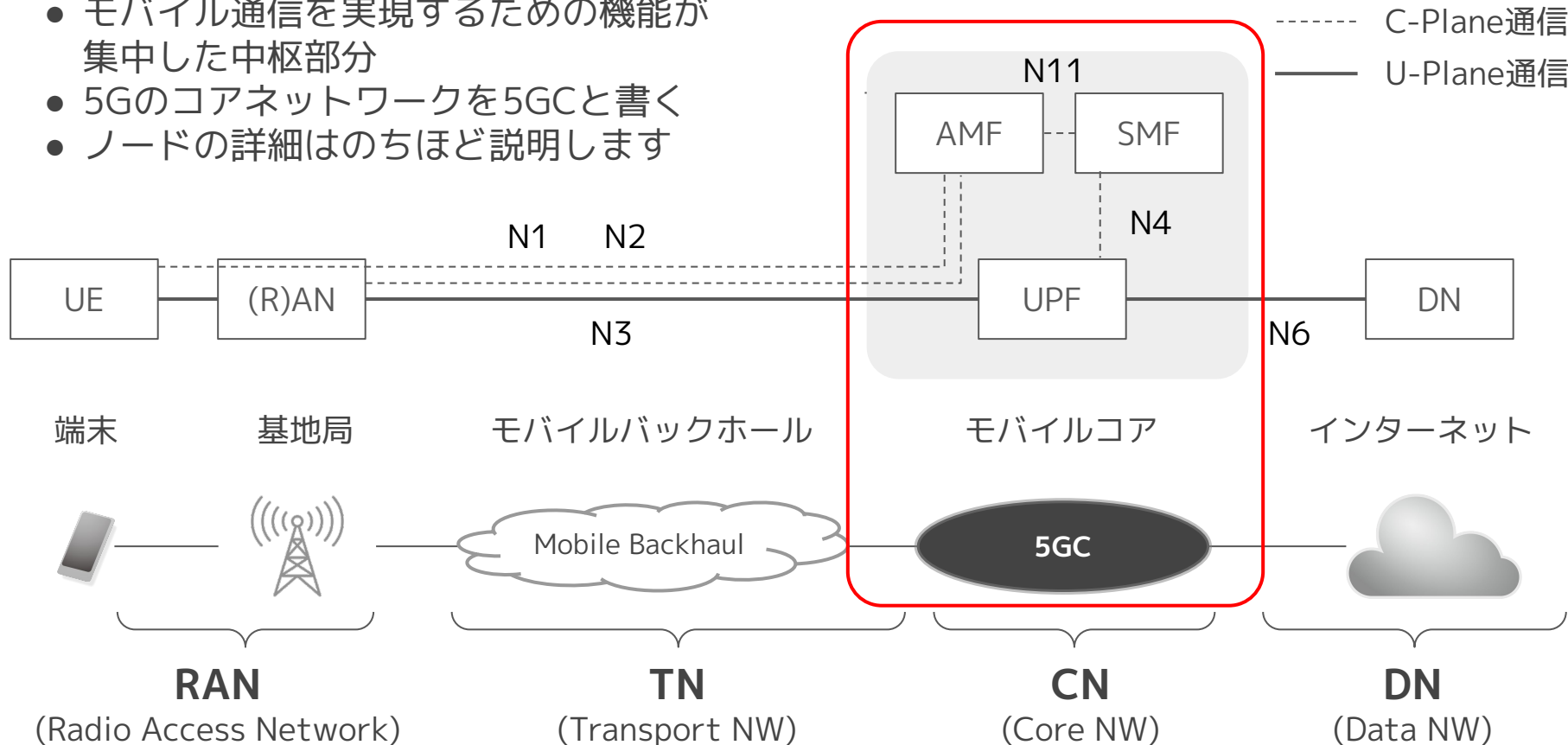


# RAN - Radio Access Network

- 基地局と端末までの無線ネットワーク
- 物理的にはアンテナ、無線機、伝送装置などの設備一式
- 5G NRの基地局として **gNB (gNodeB)** と書かれる場合がある

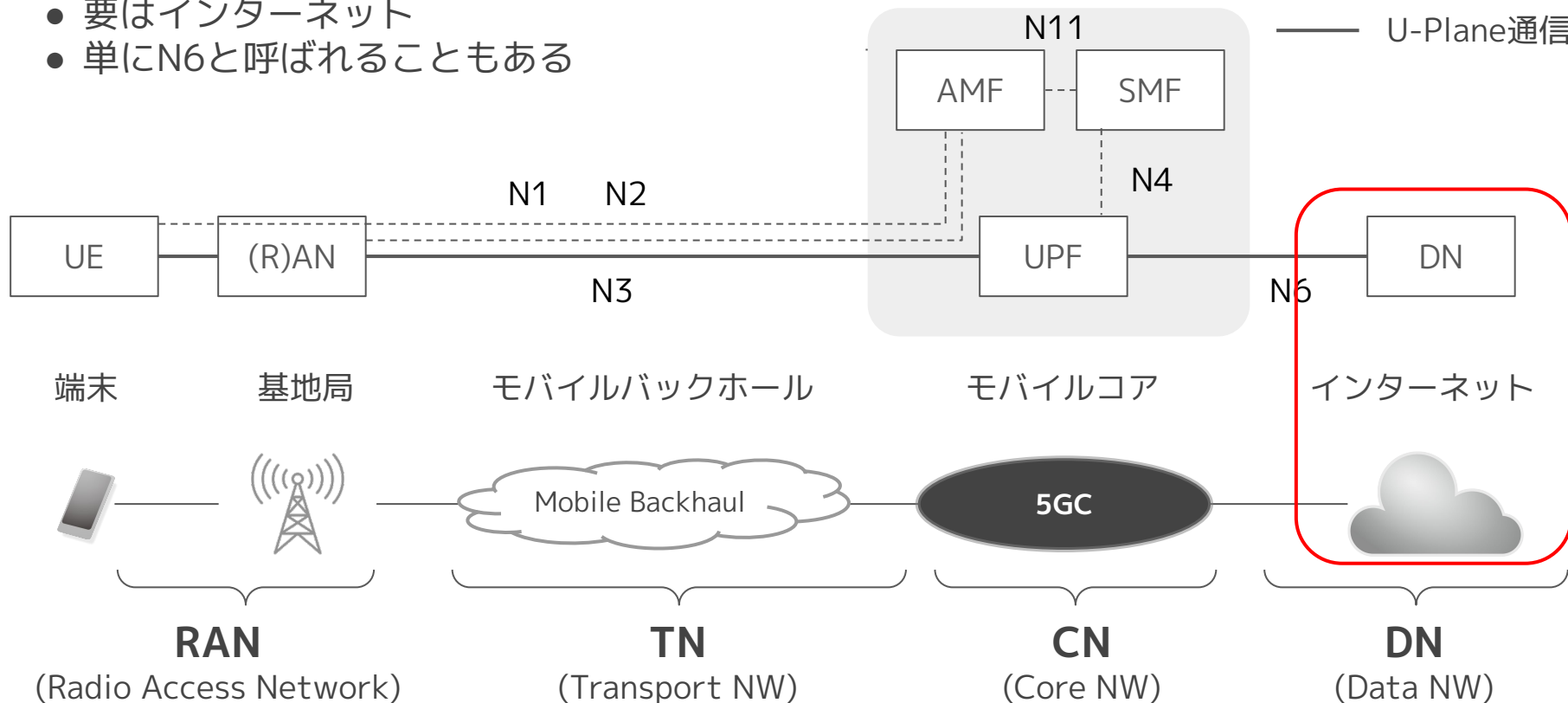


- モバイル通信を実現するための機能が集中した中枢部分
- 5Gのコアネットワークを5GCと書く
- ノードの詳細はのちほど説明します

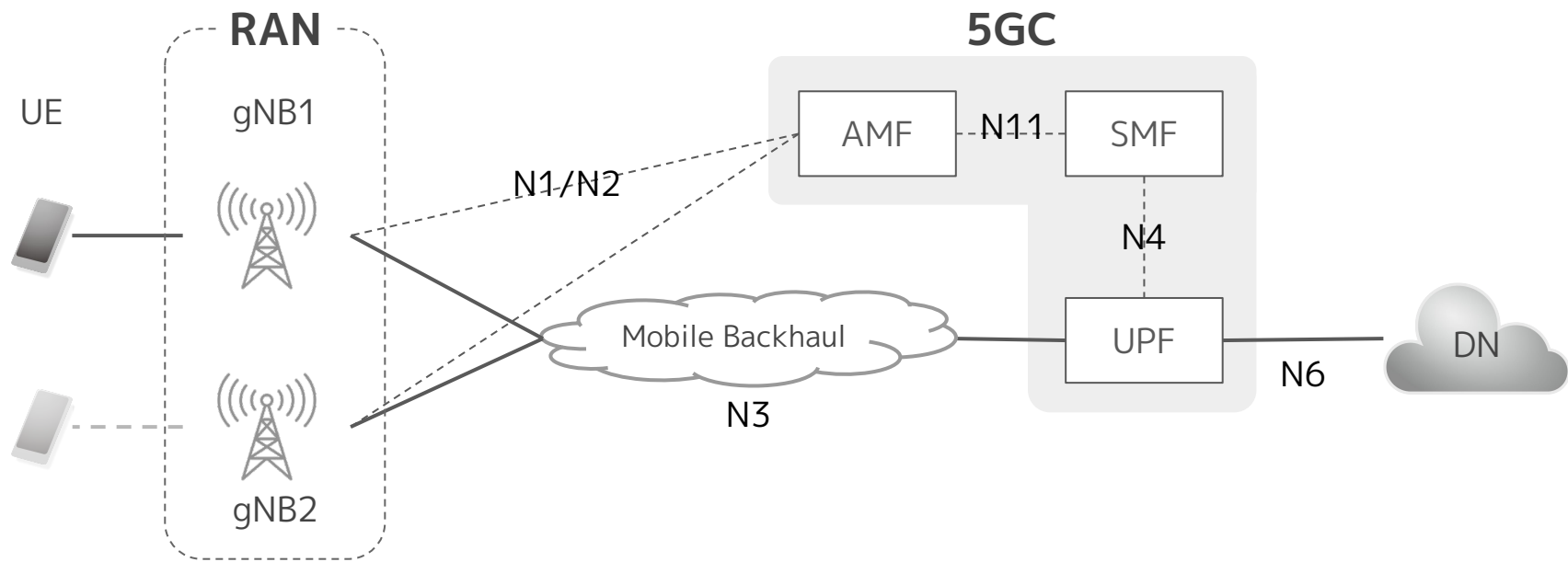


- モバイルコアの先のネットワーク
- 要はインターネット
- 単にN6と呼ばれることもある

----- C-Plane通信  
—— U-Plane通信



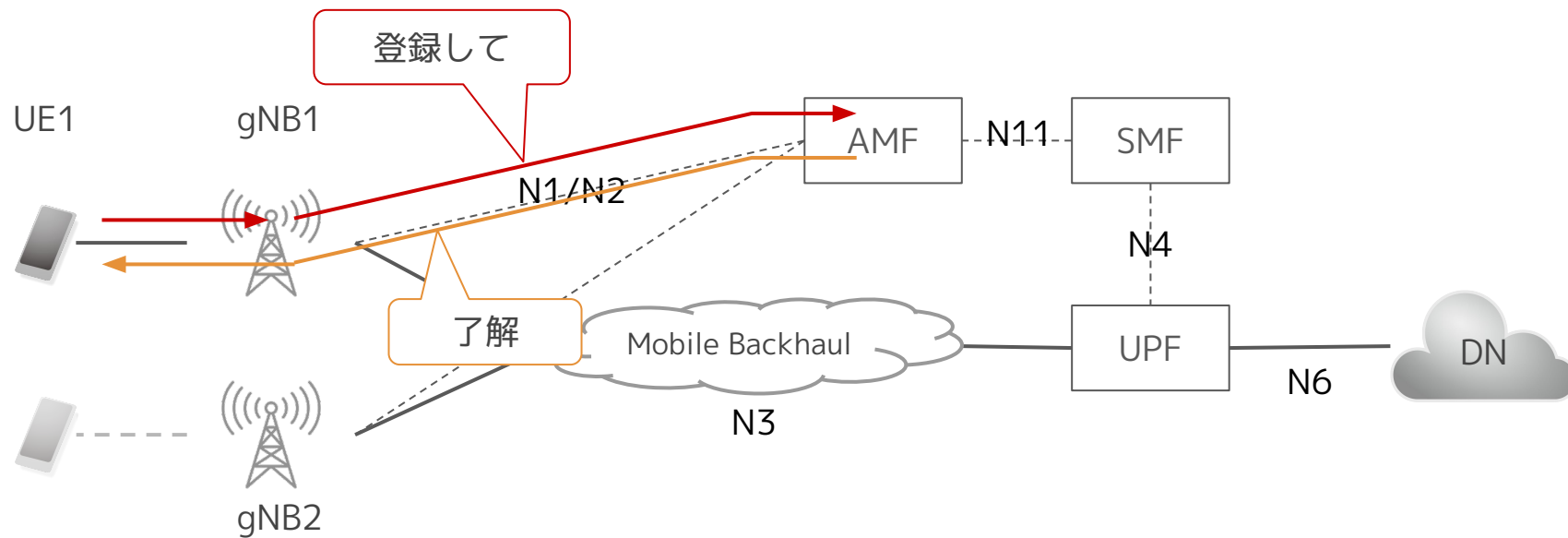
# 以降で使用する構成図



# ユーザプレーン通信の動作概要

---

端末が移動しても追跡できるようにするため  
まずgNBを経由してAMFに対して端末を登録(Registration)する



Ref: 3GPP TS 23.502 version 15.3.0, 4.2.2.2 Registration procedures



# 【参考】 本当のRegistration Procedure

- 実際には8つのノードの間で24 Stepもある手順ですがざっくり概要を掴むことを目的としているので、以降の説明でもざっくりとだけ説明します
- たくさんStepがありますが、基本的な手順は実線のStepを追えば大丈夫です
- 参照すべき仕様書についてなるべく記載するので、詳細・正確な手順は仕様書を読んでみてください

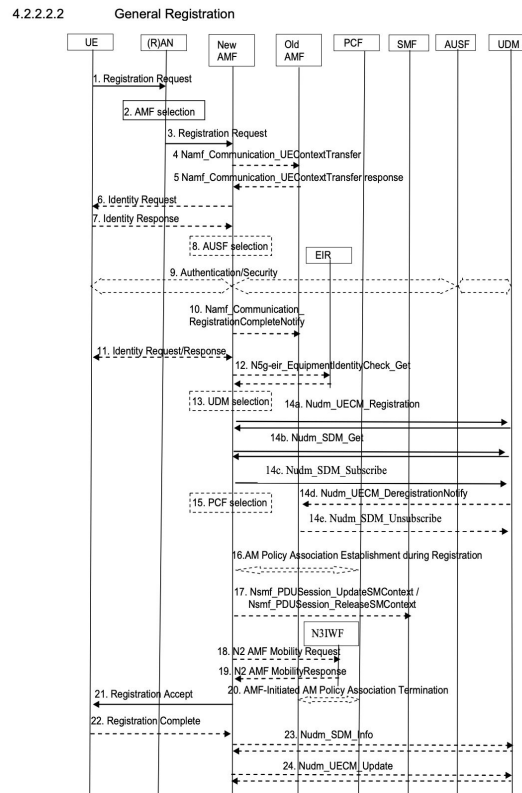
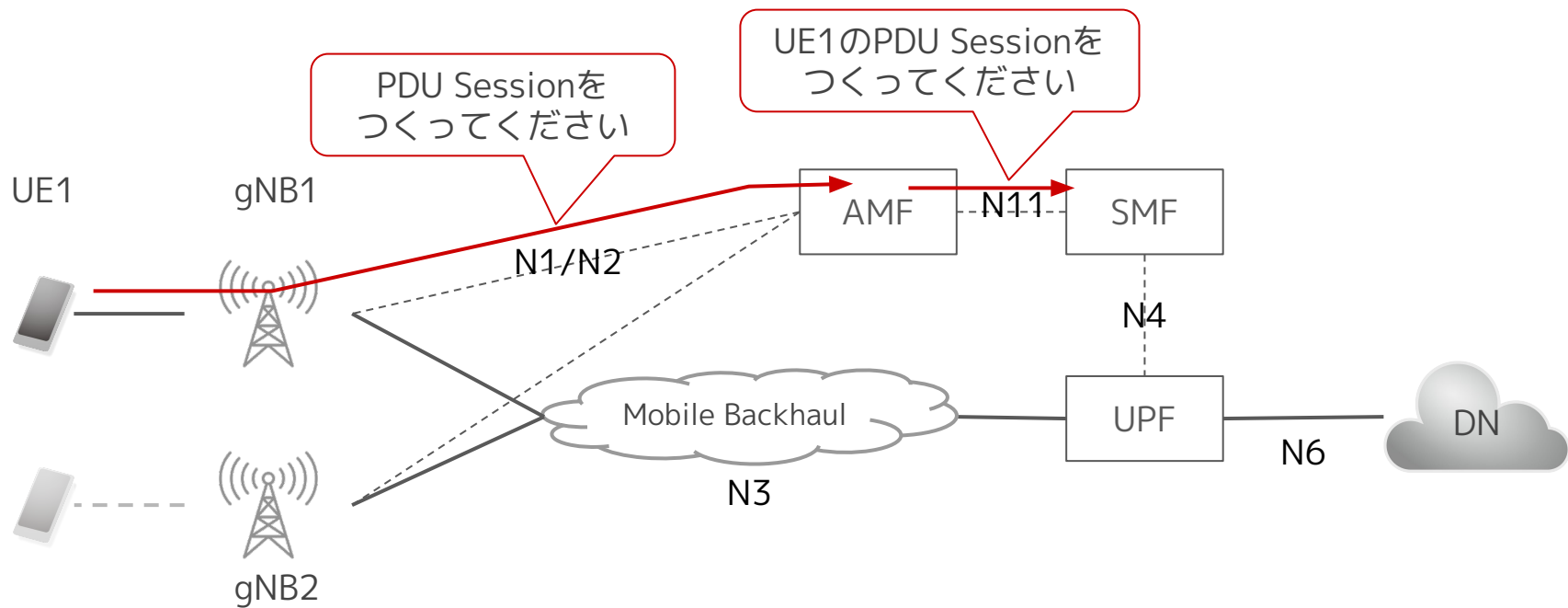
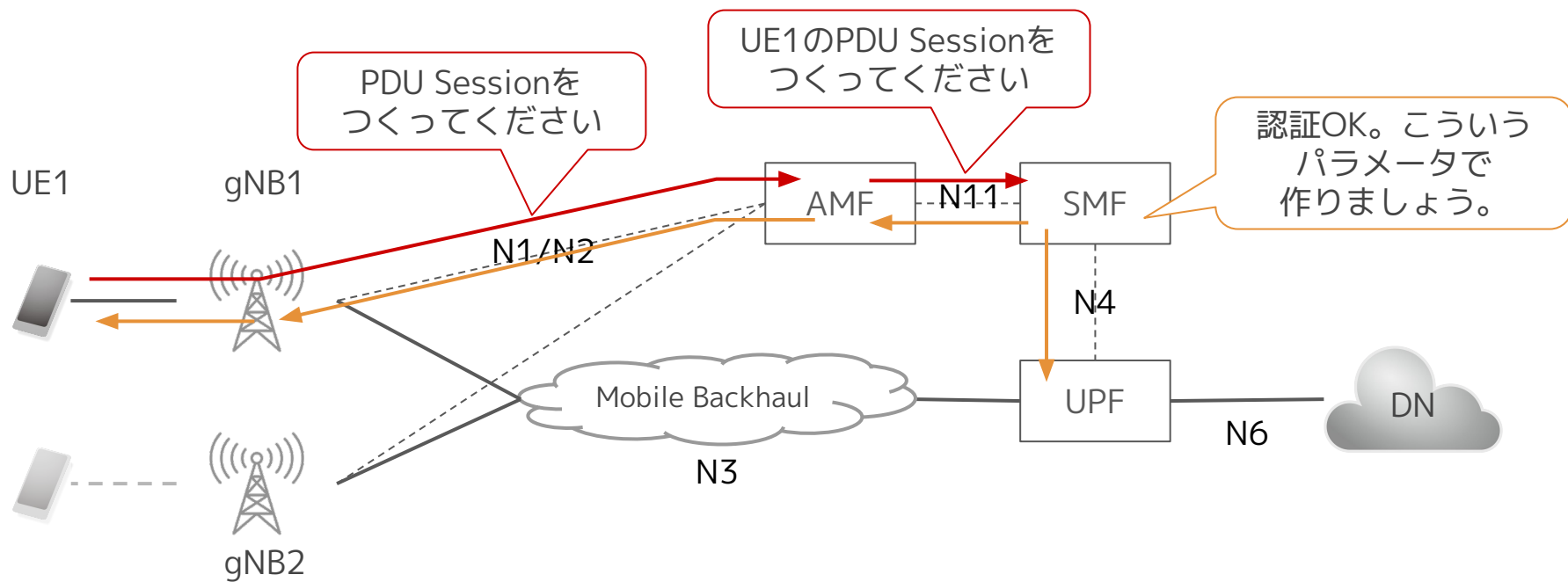


Figure 4.2.2.2.2-1: Registration procedure

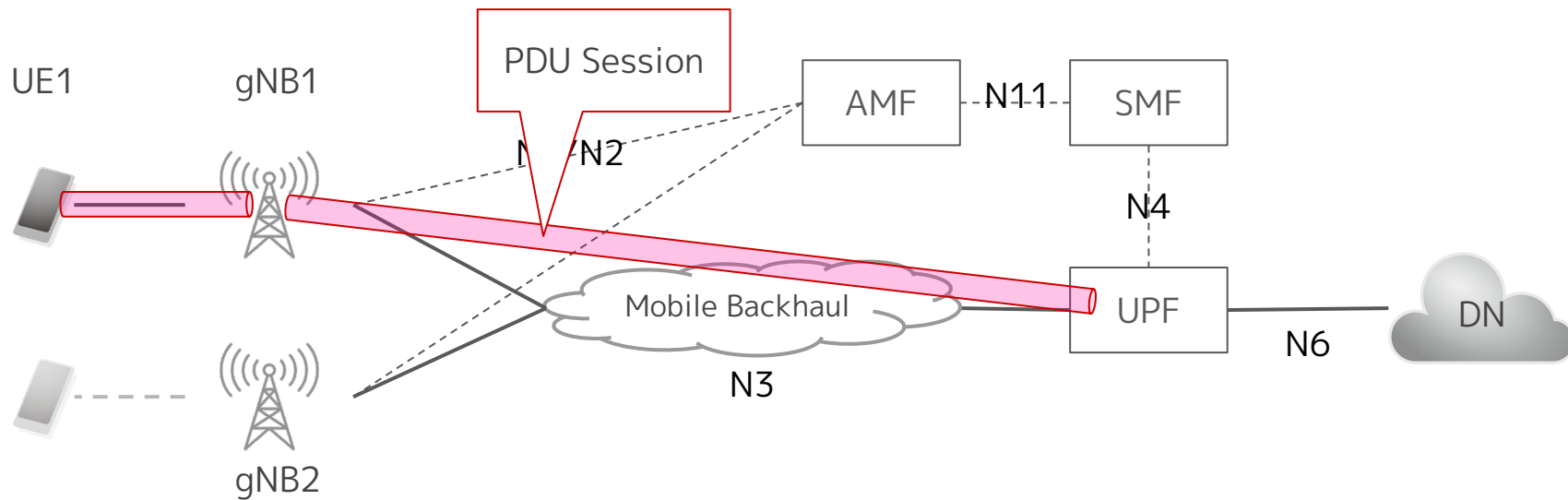
AMFを通じてSMFにPDU Sessionの確立を依頼する



SMFが認証認可を実施し、端末に割り当てるIPアドレス等のパラメータを決定してAMF経由でgNBとUEに伝えるとともに、UPFに設定を依頼する



SMFから受け取るパラメータに基づいてPDU Sessionが設定される



- 実際にはUE Requested PDU Session Establishmentと呼ばれる手順で、8つのノードの間で20 Stepもある手順です。

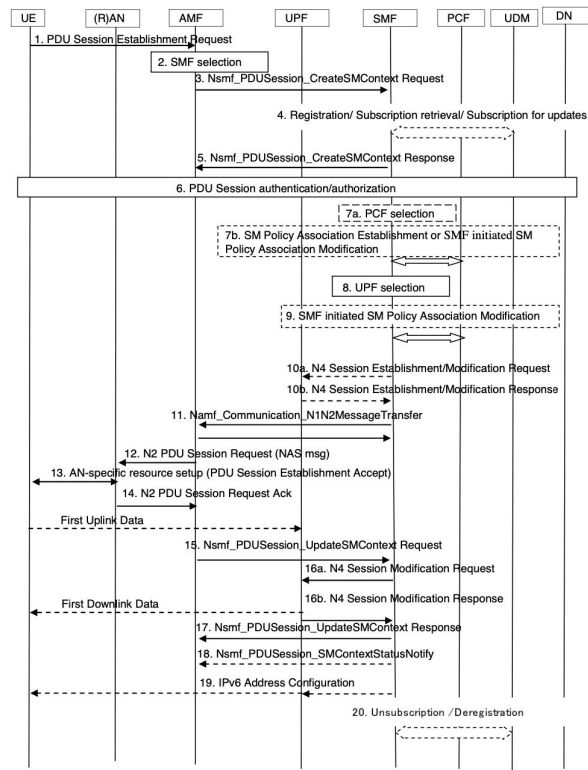
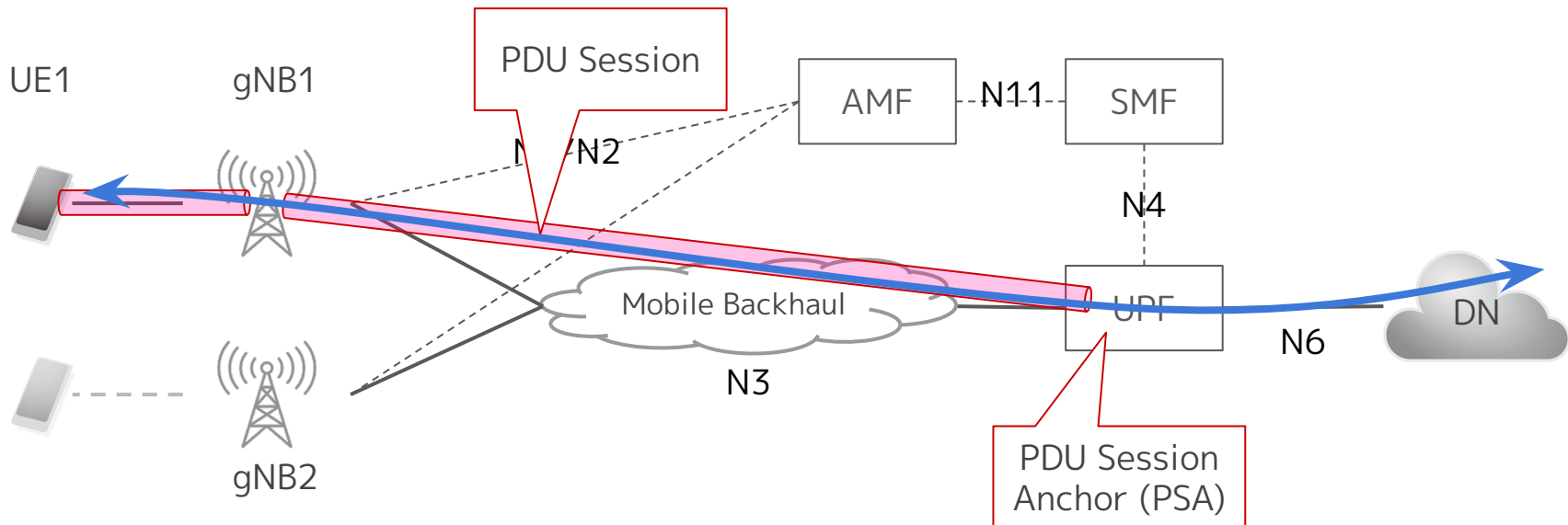


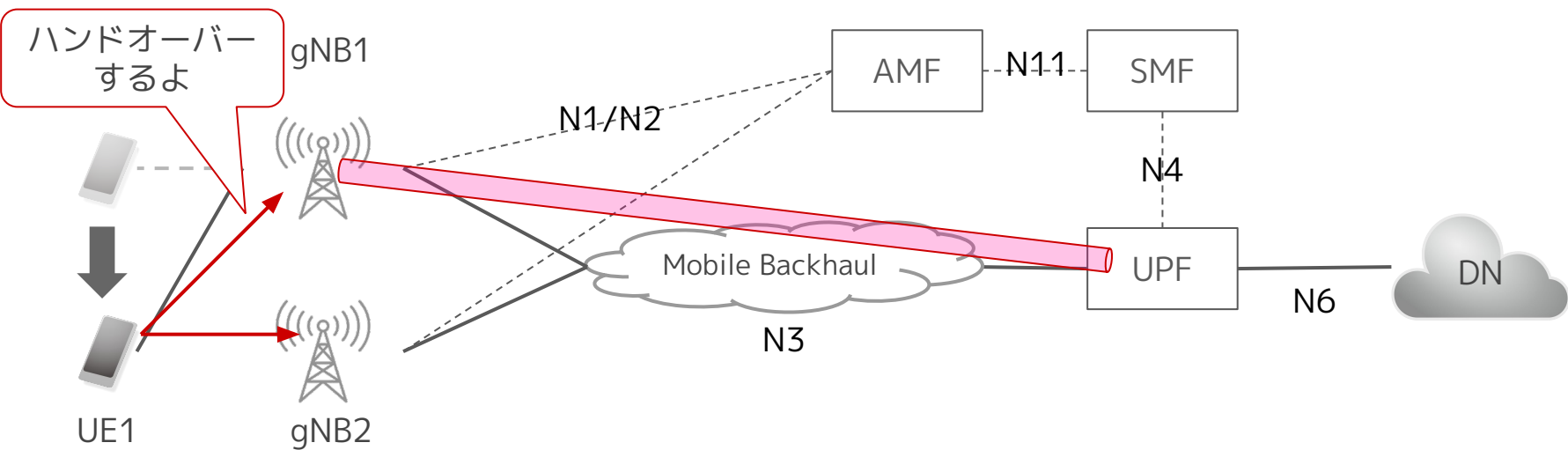
Figure 4.3.2.2.1-1: UE-requested PDU Session Establishment for non-roaming and roaming with local breakout

PDU Sessionの設定に基づいてパケットが選ばれたUPFに転送される。  
UPFはこのPDU Sessionの「アンカーポイント」になる



# 端末の移動（ハンドオーバー）

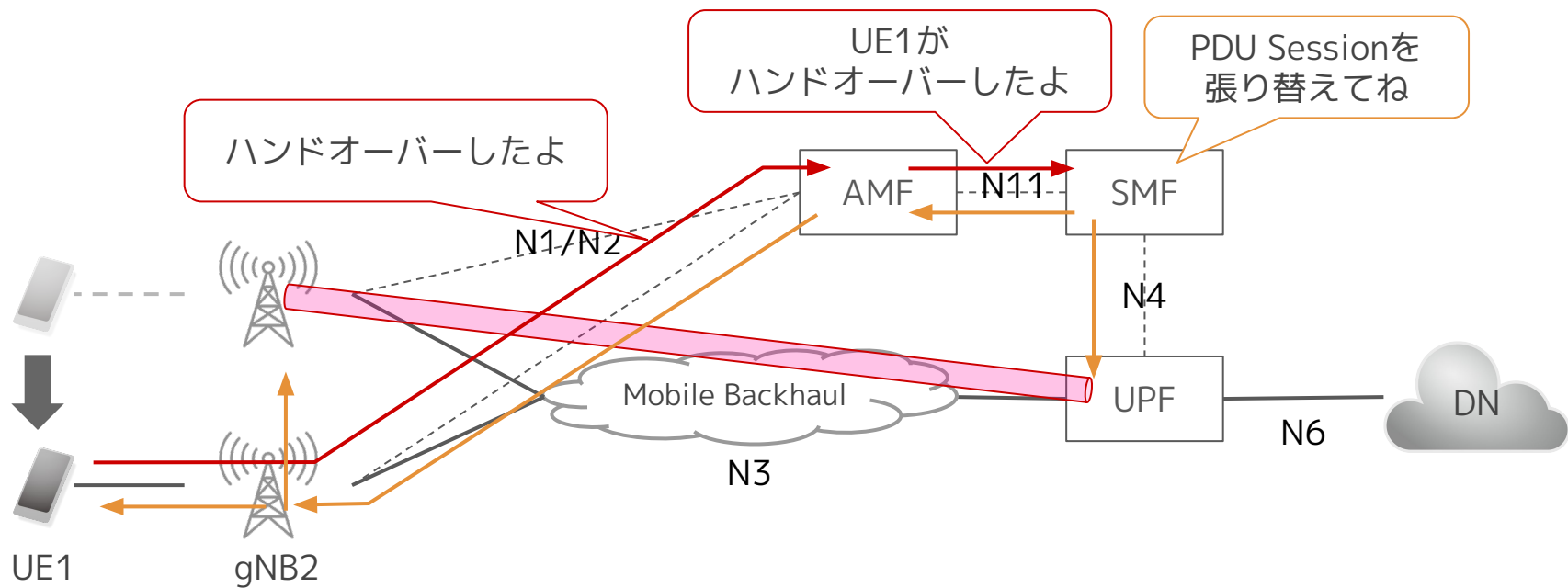
端末が移動して接続する基地局が変わることを「ハンドオーバー」という。  
ハンドオーバーするときはPDU Sessionの張り替えが必要になる。



Ref: 3GPP TS 23.502 version 15.3.0, 4.9.1.2 Xn based inter NG-RAN handover

# 端末の移動（ハンドオーバー）

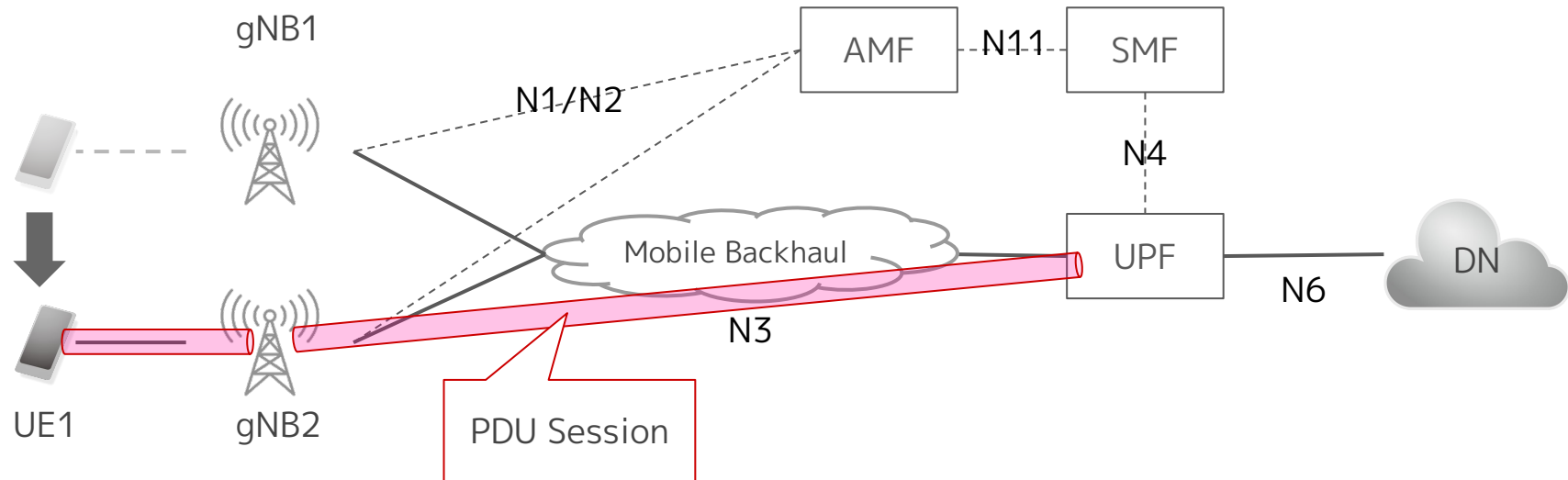
AMFはハンドオーバーの通知を受けてSMFにPDU Sessionの張り替えを依頼する。  
SMFはそれに基づいてUPFやgNBにPDU Sessionの張り替えを指示する。





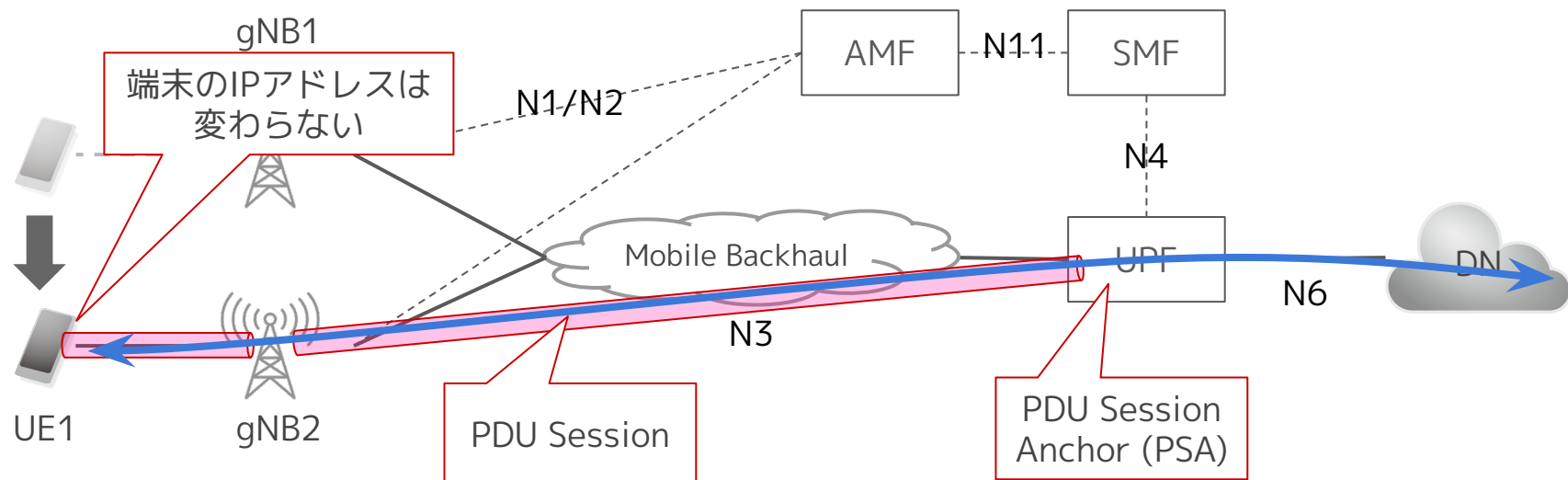
# 端末の移動（ハンドオーバー）

新しいgNBを使用したPDU Sessionが利用可能になる

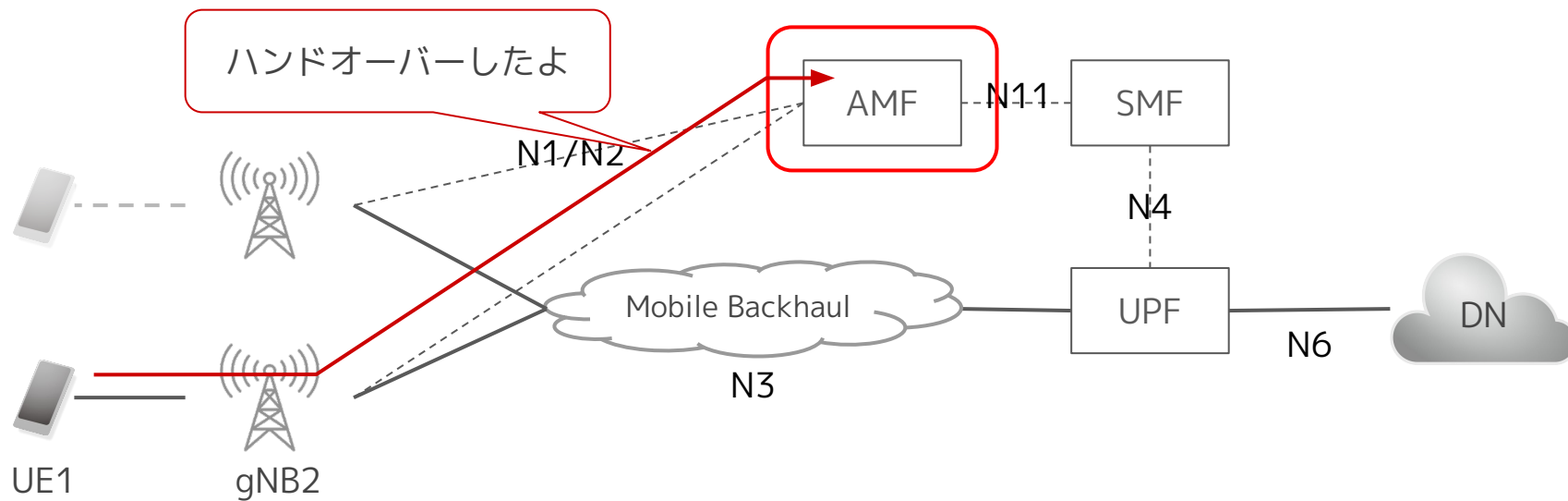


UPFの変更がなければ、DNからは元のUPFがアンカーポイントのままになる。

- UEのIPアドレスはハンドオーバー(HO)後も変わらないので、TCP/IPレベルでの接続性は維持されたままになる
- HOが完了するまでの間の通信はいい感じに処理してくれる(詳細はRAN編で)

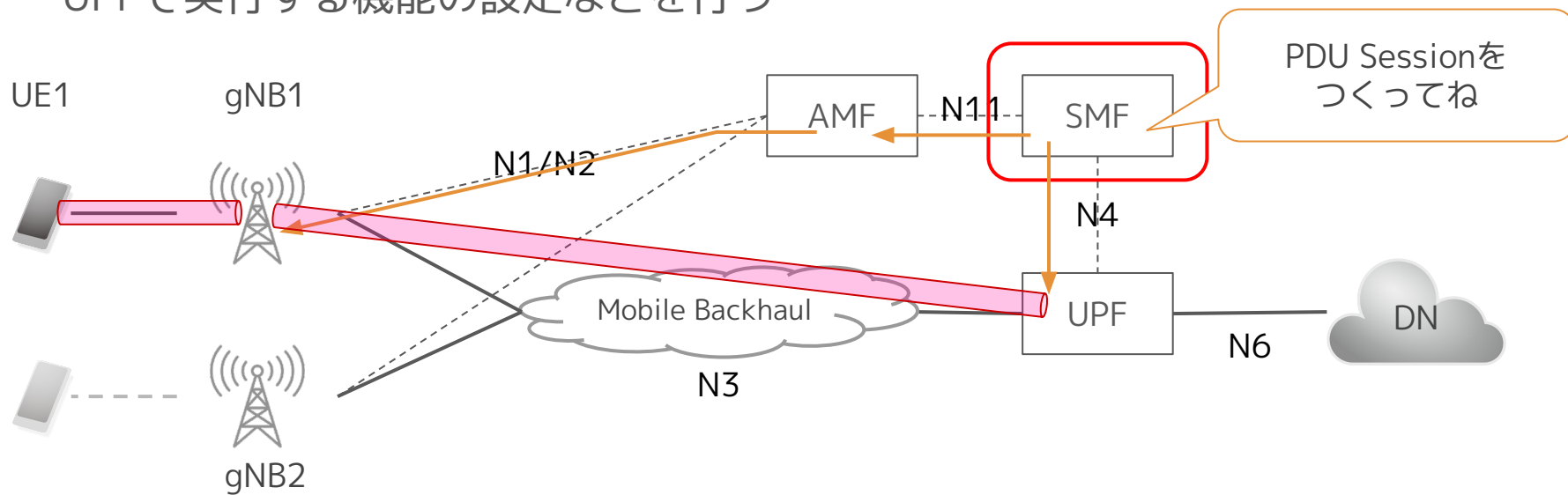


- 端末の登録、接続、移動の管理を行う機能
  - RAN部分を管理していると覚えておけばOK

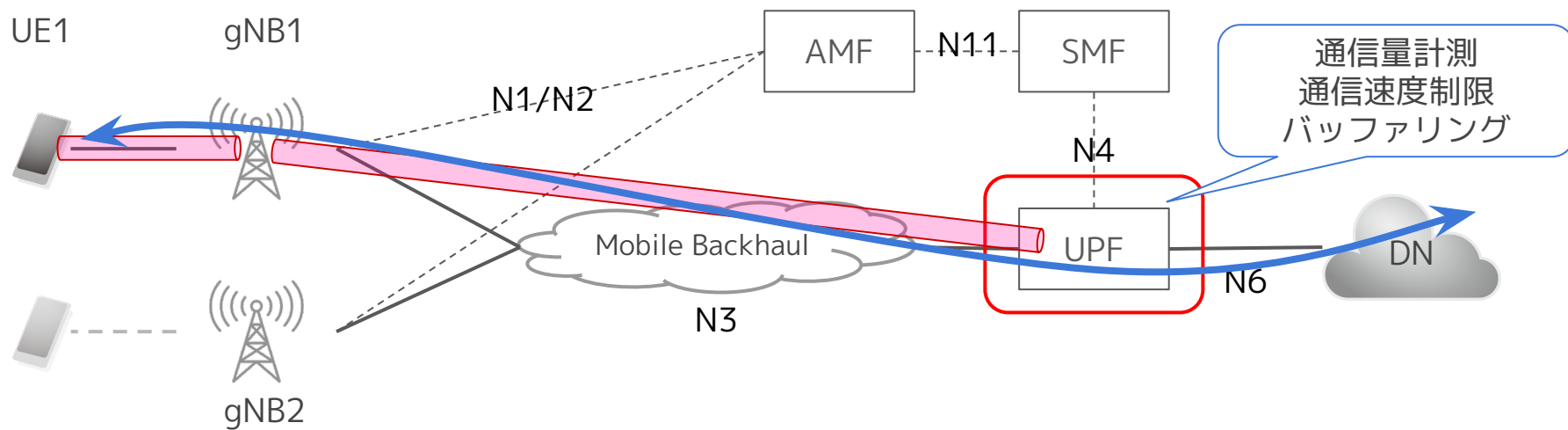


Ref: 3GPP TS 23.501 version 15.3.0, 6.2.1 AMF

- 「セッション」の管理を行う機能
  - UE、RAN、UPFがどのようにつながるのかを管理している
  - RANとコアをつなぐ部分を管理していると覚えればOK
- UEのIPアドレスを払い出したり、UEが接続するUPFを選んだり、UPFで実行する機能の設定などを行う



- UEとDN間の通信のアンカーポイントになる通信設備
  - モバイルネットワークをインターネットに接続するためのゲートウェイだと覚えればOK
- UEがIDLE状態時のバッファリングや通信量の計測や通信速度の制限などユーザ通信に関する機能全般を担当している



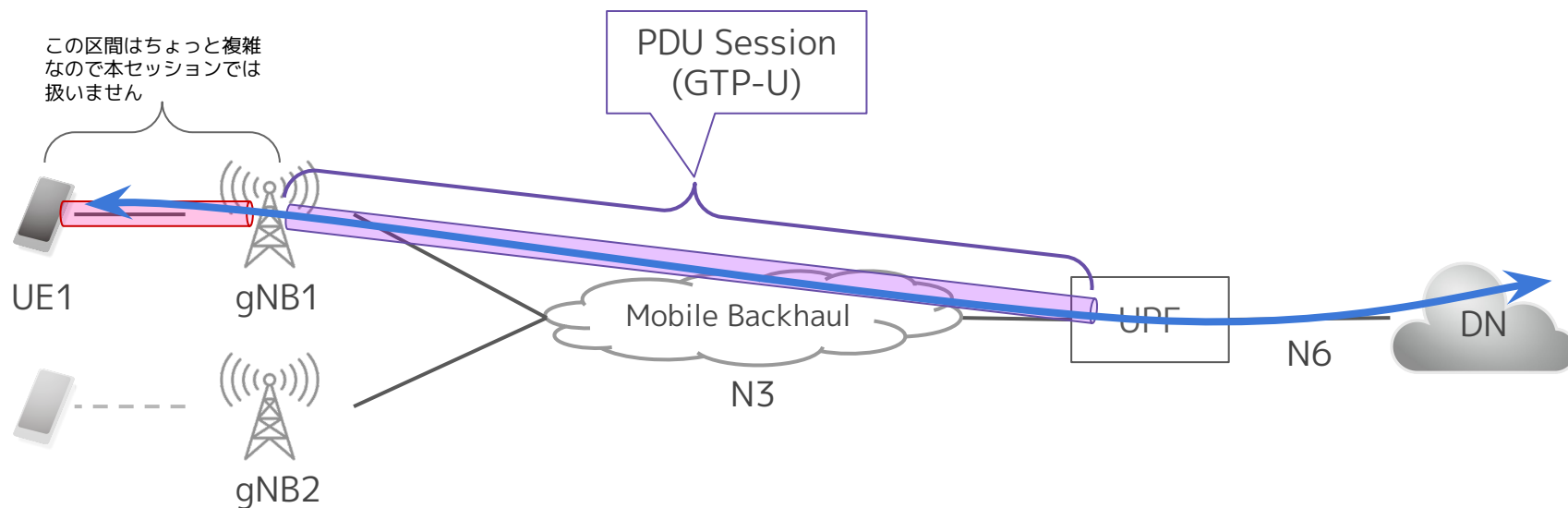
Ref: 3GPP TS 23.501 version 15.3.0, 6.2.3 UPF

# 5Gのユーザプレーンの実装

---

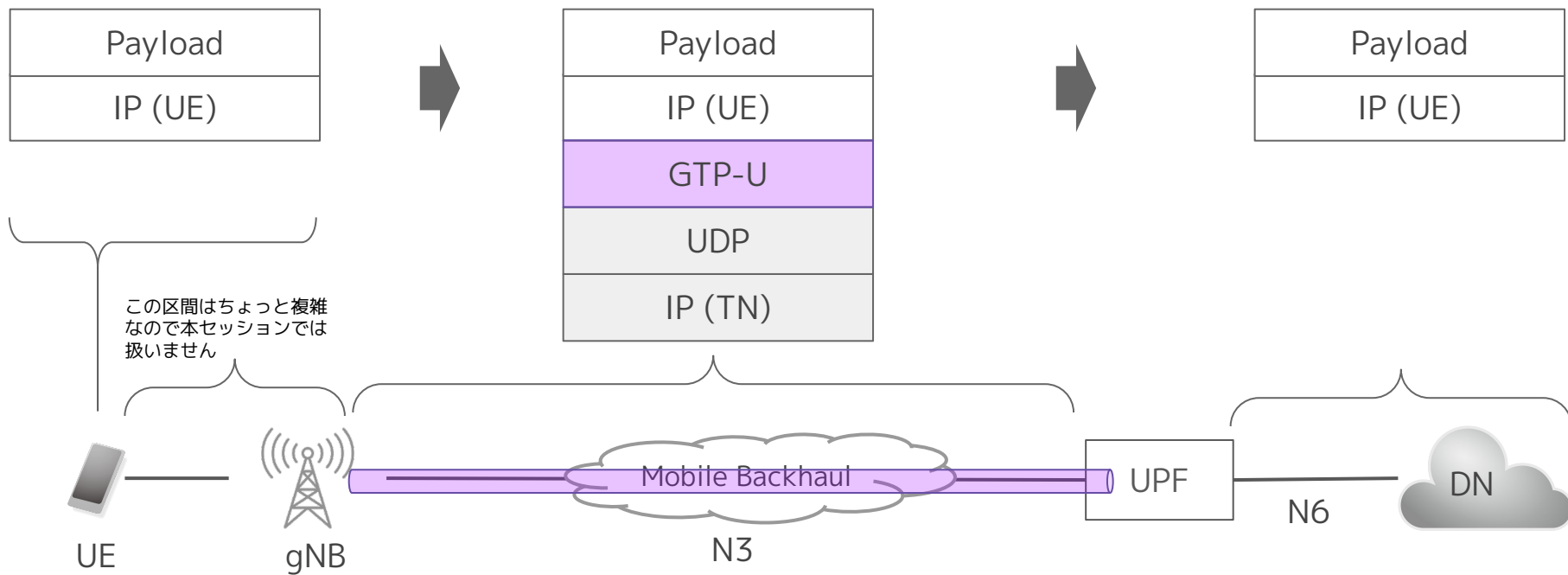
トランスポートネットワーク上(N3 I/F上)のPDU Sessionの実装として  
GTP-U というプロトコルが使用される

※RAN部分およびgNB内部は別の方式です



# GTP-U (GPRS Tunneling Protocol for User Plane)

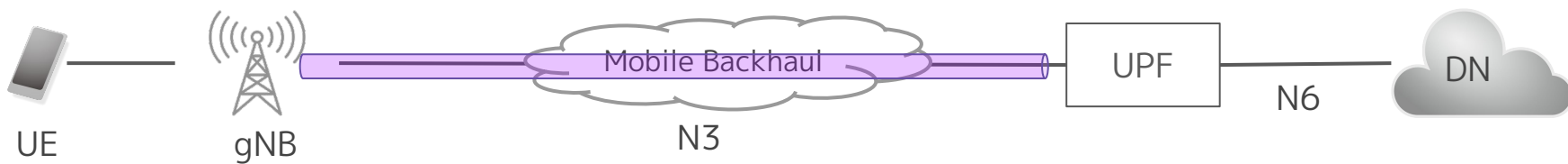
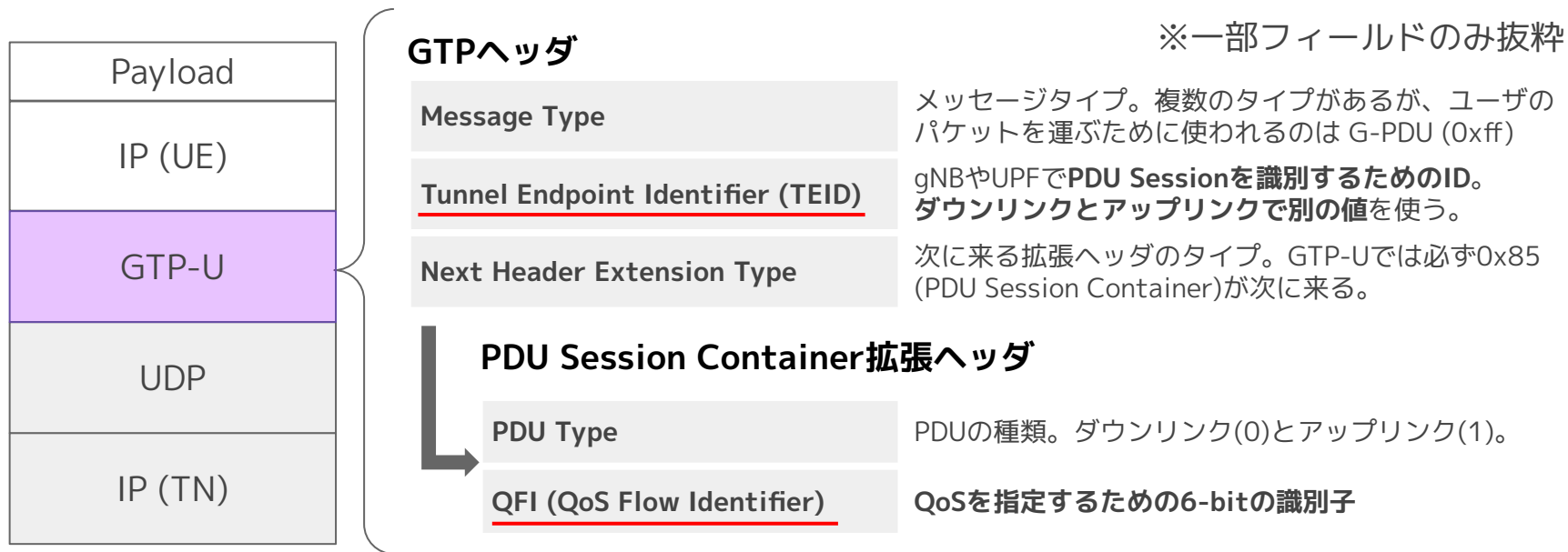
GTP-UはUDPベースのプロトコルで、UEのパケットのカプセル化を行い、gNBからUPFの間でPoint-to-pointのオーバーレイネットワークを作成する



Ref: 3GPP TS 23.501 version 15.3.0, 8.3.1 User Plane Protocol Stack for a PDU Session

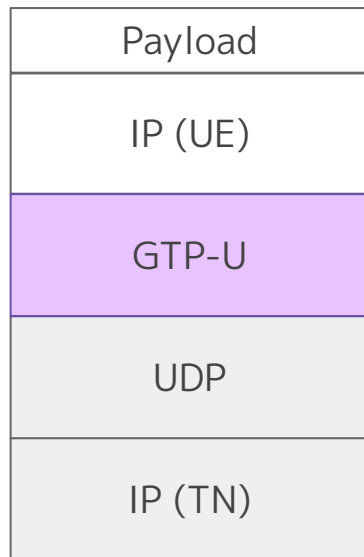


# GTPヘッダの主なフィールド(TEID, QFI)

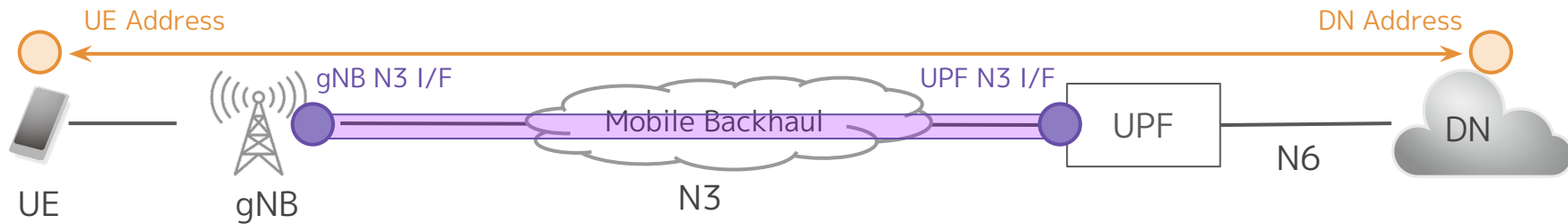


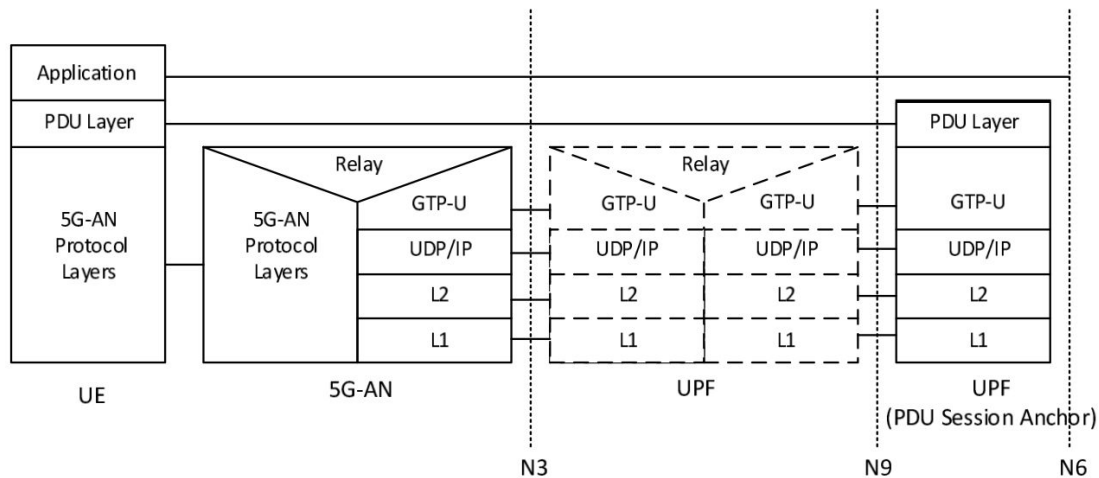
Ref: 3GPP TS 29.281 version 15.3.0, 5 GTP-U header, 5.1 General format

# N3通信のパラメータ



	Up Link (UE→DN)	Down Link (DN→UE)
宛先アドレス	DNのアドレス	UEのアドレス
送信元アドレス	UEのアドレス	DNのアドレス
Message Type	0xff (G-PDU)	0xff (G-PDU)
TEID	CN(UPF)側でのPDU SessionのID	AN(gNB)側でのPDU SessionのID
宛先ポート番号	2152	2152
送信元ポート番号	ephemeral	ephemeral
宛先アドレス	UPFのN3 I/Fのアドレス	gNBのN3 I/Fのアドレス
送信元アドレス	gNBのN3 I/Fのアドレス	UPFのN3 I/Fのアドレス





## Legend:

- **PDU layer:** This layer corresponds to the PDU carried between the UE and the DN over the PDU Session. When the PDU Session Type is IPv4 or IPv6 or IPv4v6, it corresponds to IPv4 packets or IPv6 packets or both of them; When the PDU Session Type is Ethernet, it corresponds to Ethernet frames; etc.
- **GPRS Tunnelling Protocol for the user plane (GTP-U):** This protocol supports multiplexing traffic of different PDU Sessions (possibly corresponding to different PDU Session Types) by tunnelling user data over N3 (i.e. between the 5G-AN node and the UPF) and N9 (i.e. between different UPFs of the 5GC) in the backbone network. GTP shall encapsulate all end user PDUs. It provides encapsulation on a per PDU Session level. This layer carries also the marking associated with a QoS Flow defined in clause 5.7.

**Figure 8.3.1-1: User Plane Protocol Stack**

Octets	Bits							
	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Version		PT	(*)	E	S	PN	
2	Message Type							
3	Length (1 <sup>st</sup> Octet)							
4	Length (2 <sup>nd</sup> Octet)							
5	Tunnel Endpoint Identifier (1 <sup>st</sup> Octet)							
6	Tunnel Endpoint Identifier (2 <sup>nd</sup> Octet)							
7	Tunnel Endpoint Identifier (3 <sup>rd</sup> Octet)							
8	Tunnel Endpoint Identifier (4 <sup>th</sup> Octet)							
9	Sequence Number (1 <sup>st</sup> Octet) <sup>1) 4)</sup>							
10	Sequence Number (2 <sup>nd</sup> Octet) <sup>1) 4)</sup>							
11	N-PDU Number <sup>2) 4)</sup>							
12	Next Extension Header Type <sup>3) 4)</sup>							

NOTE 0: (\*) This bit is a spare bit. It shall be sent as '0'. The receiver shall not evaluate this bit.

NOTE 1: 1) This field shall only be evaluated when indicated by the S flag set to 1.

NOTE 2: 2) This field shall only be evaluated when indicated by the PN flag set to 1.

NOTE 3: 3) This field shall only be evaluated when indicated by the E flag set to 1.

NOTE 4: 4) This field shall be present if and only if any one or more of the S, PN and E flags are set.

**Figure 5.1-1: Outline of the GTP-U Header**

※5GのN3区間のユーザパケットの転送ではN-PDU Numberが使われることはありません。

Sequence NumberはOptionalですが、N3区間で使われていることはほとんどありません。

**Table 6.1-1: Messages in GTP-U**

Message Type value (Decimal)	Message	Reference	GTP-C	GTP-U	GTP'
1	Echo Request		X	X	x
2	Echo Response		X	X	x
3-25	Reserved in 3GPP TS 32.295 [8] and 3GPP TS 29.060 [6]				
26	Error Indication			X	
27-30	Reserved in 3GPP TS 29.060 [6]				
31	Supported Extension Headers Notification		X	X	
32-253	Reserved in 3GPP TS 29.060 [6]				
254	End Marker			X	
255	G-PDU			X	

Next Extension Header Field Value	Type of Extension Header
0000 0000	No more extension headers
0000 0001	Reserved - Control Plane only.
0000 0010	Reserved - Control Plane only.
0000 0011	Long PDCP PDU Number. See NOTE 2.
0010 0000	Service Class Indicator
0100 0000	UDP Port. Provides the UDP Source Port of the triggering message.
1000 0001	RAN Container
1000 0010	Long PDCP PDU Number. See NOTE 3.
1000 0011	Xw RAN Container
1000 0100	NR RAN Container
1000 0101	PDU Session Container. See NOTE 4.
1100 0000	PDCP PDU Number [4]-[5]. See NOTE 1.
1100 0001	Reserved - Control Plane only.
1100 0010	Reserved - Control Plane only.

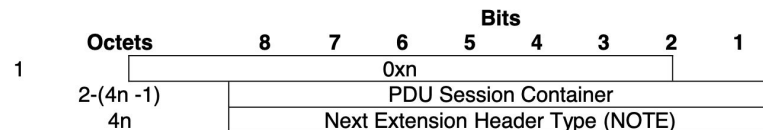
NOTE 1: As an exception to the comprehension rule specified above, for a G-PDU with a Next Extension Header Field set to the value "1100 0000", the SGW shall consider this corresponding extension header as 'comprehension not required'.

NOTE 2: This value shall be used by a source eNB or gNB complying with this release of the specification.

NOTE 3: This value shall not be used by a source eNB or gNB complying with this release of the specification. It may be received from a source eNB complying with an earlier release of the specification, i.e. not supporting the extension header value "0000 0011".

NOTE 4: For a G-PDU with several Extension Headers, the PDU Session Container should be the first Extension Header.

**Figure 5.2.1-3: Definition of Extension Header Type**



NOTE: The value of this field is '0' if no other Extension header follows.

**Figure 5.2.2.7-1: PDU Session Container Extension Header**

Ref: 3GPP TS 29.281 version 15.3.0,  
5.2.1 General format of the GTP-U Extension Header  
5.2.2.7 PDU Session Container

Bits								Number of Octets
7	6	5	4	3	2	1	0	
PDU Type (=0)				Spare				1
PPP	RQI	QoS Flow Identifier						1
PPI		Spare						0 or 1
Padding								0-3

Figure 5.5.2.1-1: DL PDU SESSION INFORMATION (PDU Type 0) Format

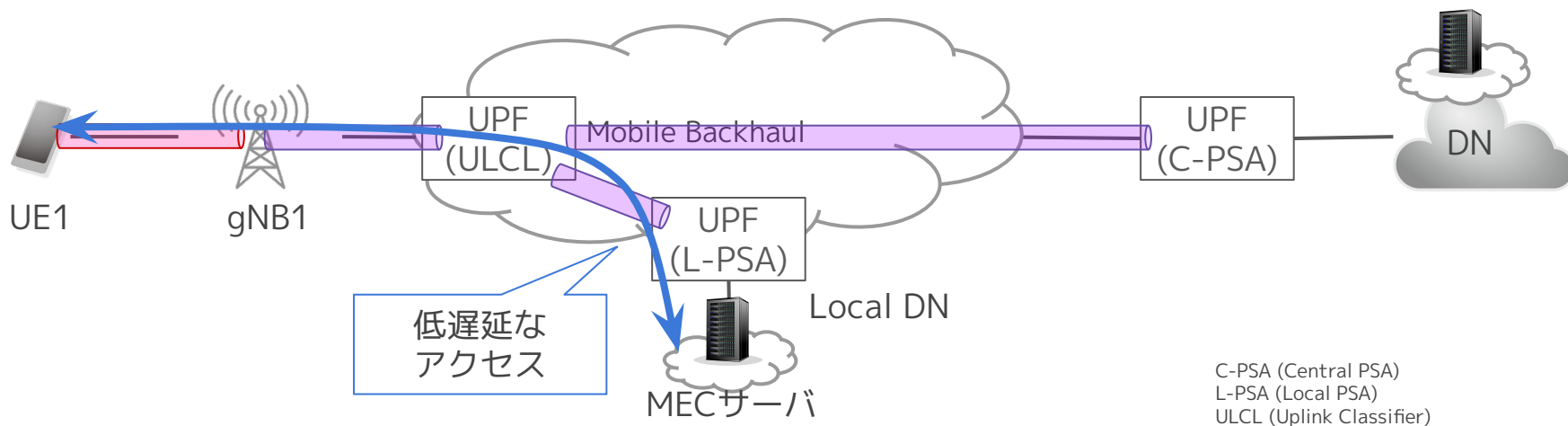
Bits								Number of Octets
7	6	5	4	3	2	1	0	
PDU Type (=1)				Spare				1
Spare		QoS Flow Identifier						1
Padding								0-3

Figure 5.5.2.2-1: UL PDU SESSION INFORMATION (PDU Type 1) Format

※QoSの文脈ではDL PDU Session Information中のRQIも注目されます。

中央のモバイルコアではなく端末・基地局の近くにDNを作成して  
低遅延・広帯域なコンピューティング環境を提供する仕組み

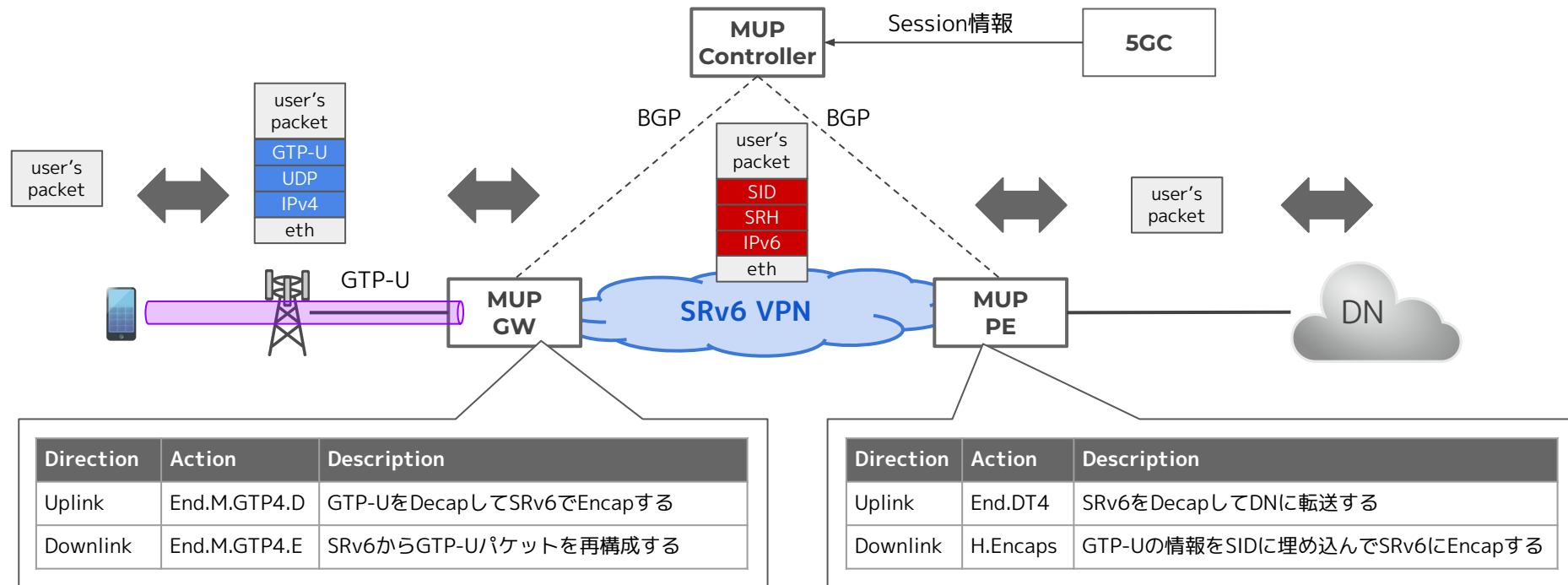
- 5Gではエッジコンピューティングのユースケースが仕様として盛り込まれている
- ULCL (Uplink Classifier)と呼ばれるUPF機能を利用して、宛先IPアドレスなどを元にPDUセッションを分岐させるモデルなどが仕様化されている





# 最近話題のSRv6MUPとは？

GTP-UとSRv6を相互変換することでモバイルバックホール内をSRv6でルーティング可能にするためのキャリア向けの技術



# RAN編へ

---