

SRv6 Mobile User Plane (SRv6 MUP) 商用 NW に入れてみた

2023/07/06

ソフトバンク株式会社
福盛、藤田、妹尾

アジェンダ

- 自己紹介
- SR(v6) に関するソフトバンクの取り組み
- SRv6 MUP 商用環境 IN に向けた取り組み
- 将来展望
- 皆さんと議論したいこと

自己紹介

妹尾 龍馬(せのお りゅうま)

- 出身
 - 石川県金沢市
- 趣味
 - ドライブ、サウナ、足つぼ
- 担当業務
 - モバイルパケットコア (SMF/UPF) 開発・導入
- 経歴
 - 2017年4月 ~ 2021年7月 @前職
 - IP 転送プロトコルに関する技術調査、研究開発
 - プログラマブルデータプレーンに関する技術調査、研究開発
 - 2021年8月 ~ 現在 @現職
 - SMF/UPF(5GC 設備)の開発・導入
 - SRv6 MUP の開発・導入



@山中湖

福盛 浩之 (ふくもり ひろゆき)



- 出身
 - 千葉県印西市
- 趣味
 - サイクリング、サンリオ、オーツミルク
- 担当業務
 - モバイルバックホールネットワーク設計
- 経歴
 - 2015年4月～2021年4月
 - L2網構築、工事PM補佐
 - キャリア統合網の設計/検証
 - 2021年5月～現在
 - モバイルバックホール設計/検証/マイグレ対応
 - SRv6 MUP導入の推進

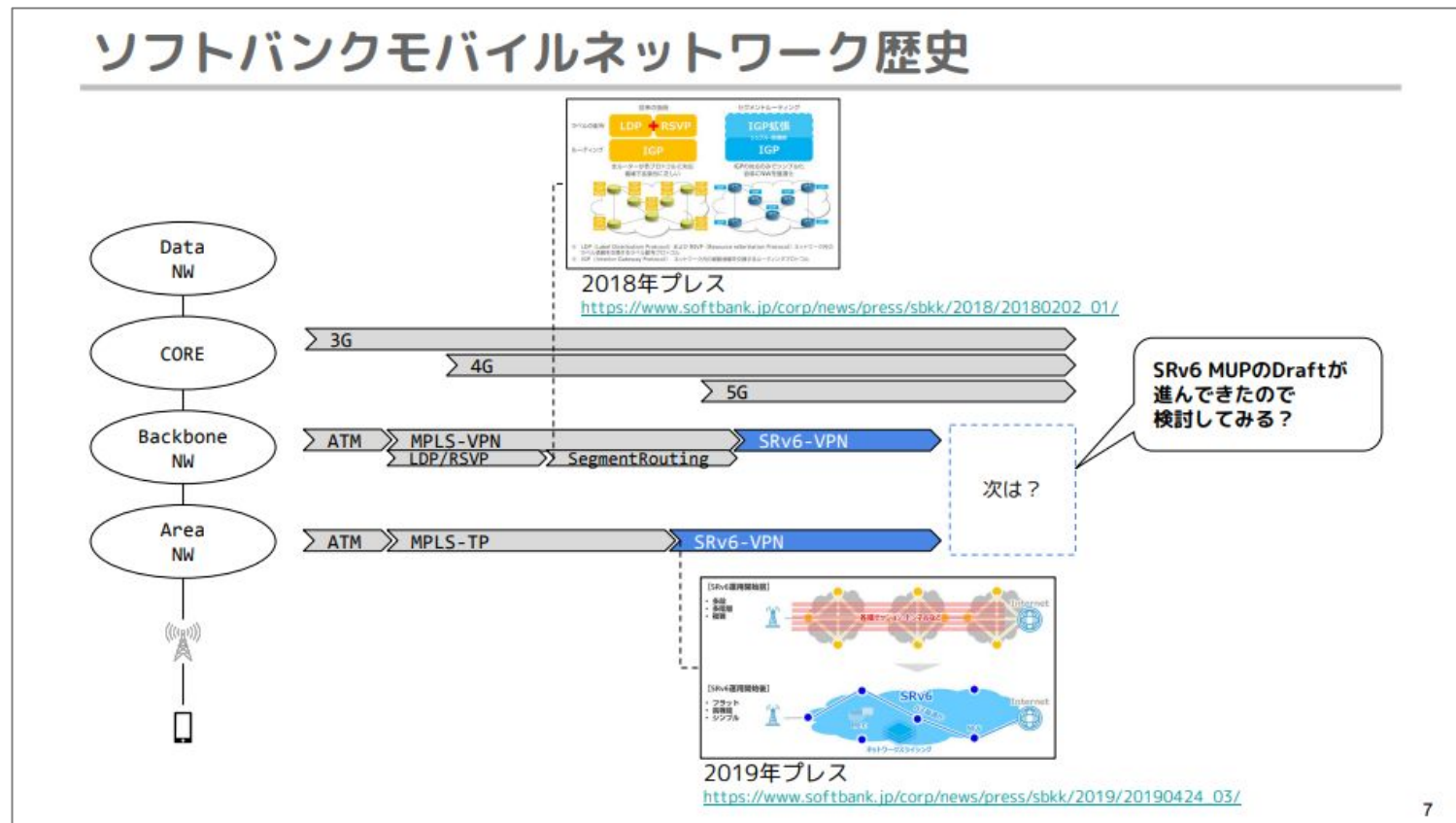
藤田 玲央 (ふじた れお)



- 出身
 - 神奈川県川崎市
- 趣味
 - コーヒー、ビール、ウィスキー
- 担当業務
 - モバイルバックホールネットワーク設計
- 経歴
 - 2020年4月～2022年3月
 - エリアネットワーク設計/検証/マイグレ対応
 - Flex-Algo導入の推進
 - 2022年4月～現在
 - モバイルバックホール設計/検証
 - SRv6 MUP導入の推進

SR(v6) に関するソフトバンクの取り組み

SR(v6) を取り巻くソフトバンクの歴史

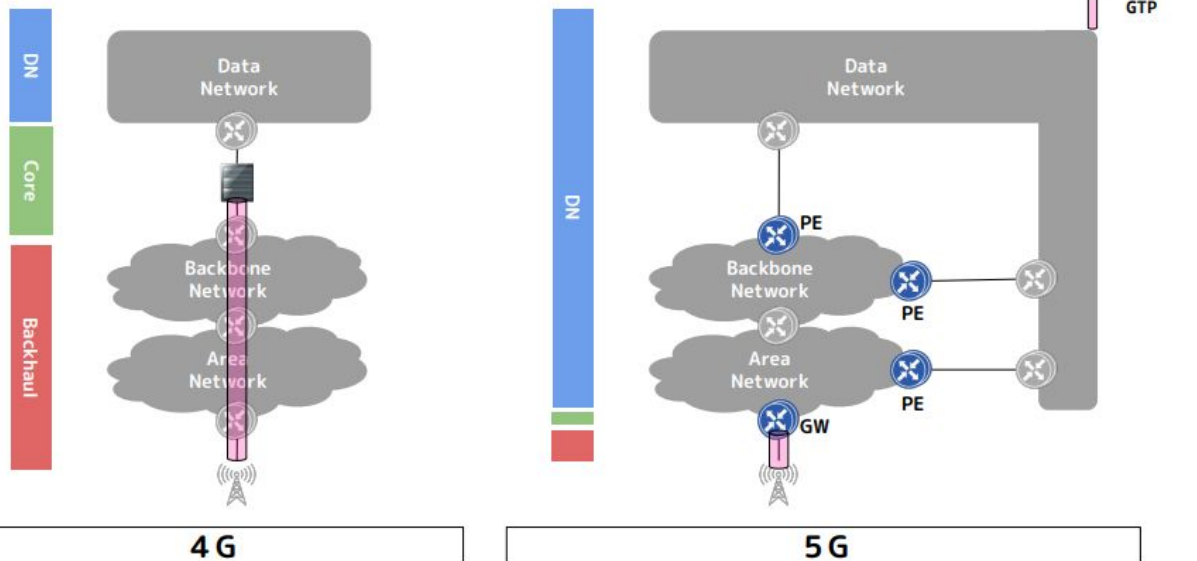


JANOG49@鹿児島 “SRv6 Mobile User Plane (SRv6 MUP) の検証状況について” より抜粋

SRv6 Mobile User Plane (MUP) とは？

4G → 5GのTransportの変化 w/ MUP

MUPにより、全体をDN化できフラットなネットワークに



“モバイルコア”と“IP伝送”が協力しながら開発・導入が必要

JANOG49@鹿児島 “SRv6 Mobile User Plane (SRv6 MUP) の検証状況について” より抜粋

商用環境でのフィールドトライアルを開始！

プレスリリース 2023年

“モバイル”と“IP”の密な連携が MUP FT 開始に結実！

5Gの商用ネットワークでSRv6 MUPの フィールドトライアルを開始

2023年2月24日
ソフトバンク株式会社

ソフトバンク株式会社（以下「ソフトバンク」）は、5G（第5世代移動通信システム）の商用ネットワークで「Segment Routing IPv6 Mobile User Plane」（以下「SRv6 MUP」）のフィールドトライアルを、2023年2月13日から開始しました。ソフトバンクが開発をリードするSRv6 MUPは、5Gの特長を生かしたMECやネットワークスライシングなどを、従来のモバイルネットワークと比べて低コストで、かつ容易に実現する技術です。ソフトバンクは、SRv6 MUPの早期商用導入を目指します。

ソフトバンクは、SRv6 MUPが実現するMECとネットワークスライシング連携のデモンストレーションを、2023年2月27日から3月2日まで開催される世界最大のモバイル通信展示会「MWC Barcelona 2023」におけるArrcus, Inc.の展示ブース*で公開します。

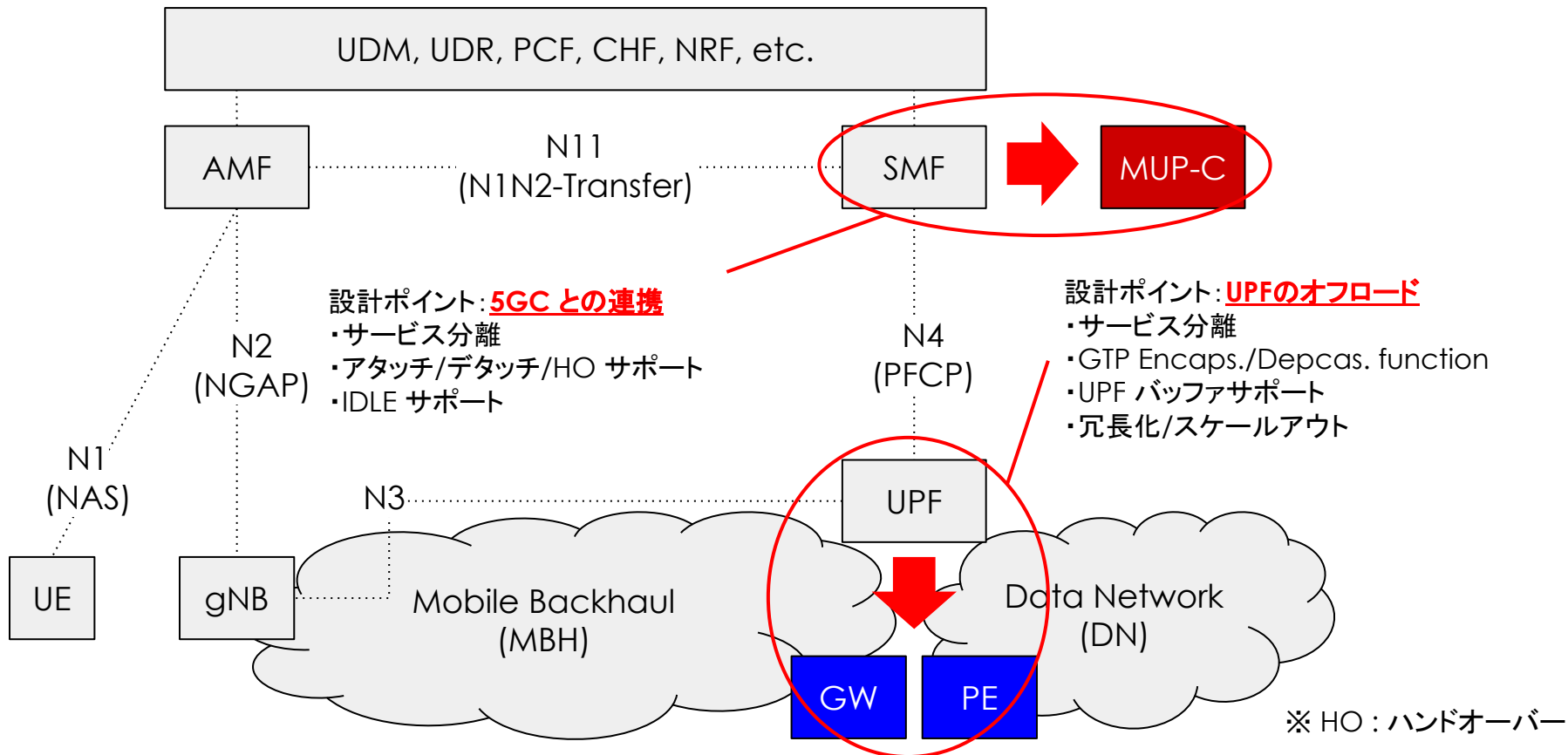
ソフトバンクは、今後もさまざまなテクノロジー企業や各国の通信事業者と連携してSRv6 MUPを活用することで、MECやネットワークスライシングの効率的な実現を目指していきます。

本日の発表のポイント

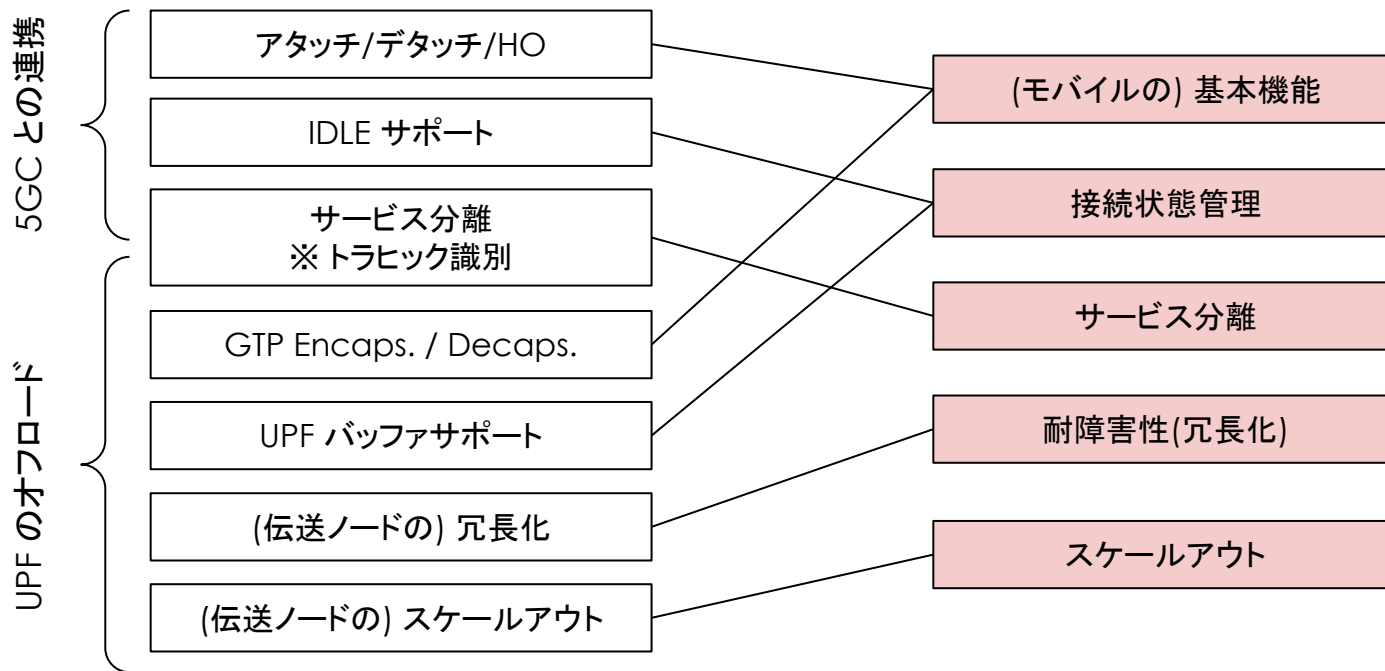
1. フィールドトライアルを開始するまでに考えた設計ポイントや 5Gコアに SRv6 MUP を組み込む上での苦労ポイントを共有
2. SRv6 MUP の商用導入の先に見据える将来展開、目指す姿を共有
3. SRv6 MUP を一例として “将来のモバイルユーザプレーンの姿” について皆さんと議論

商用 IN に向けた取り組み： 構成概略と設計ポイント一覧

構成概略図



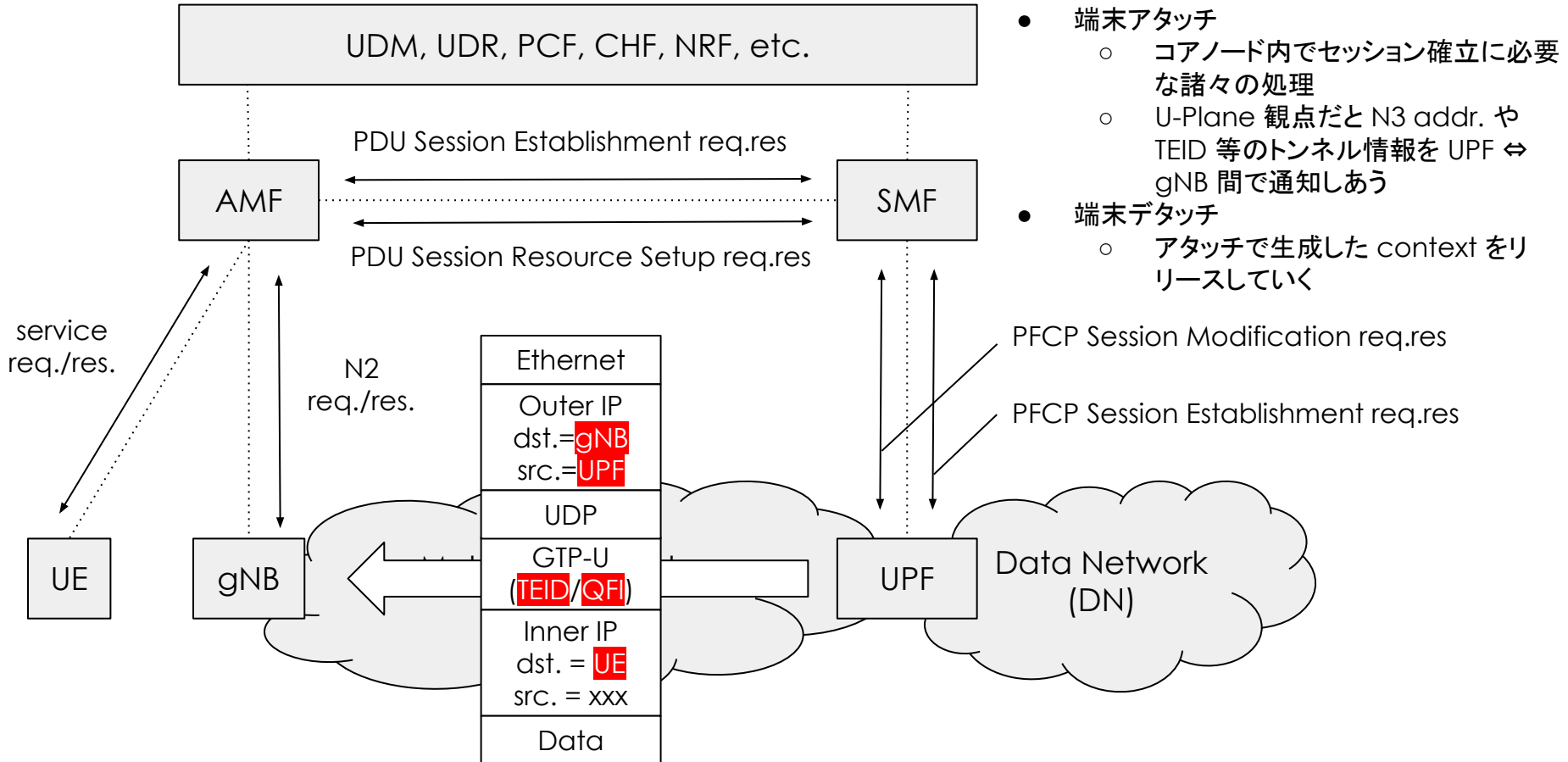
設計ポイント一覧

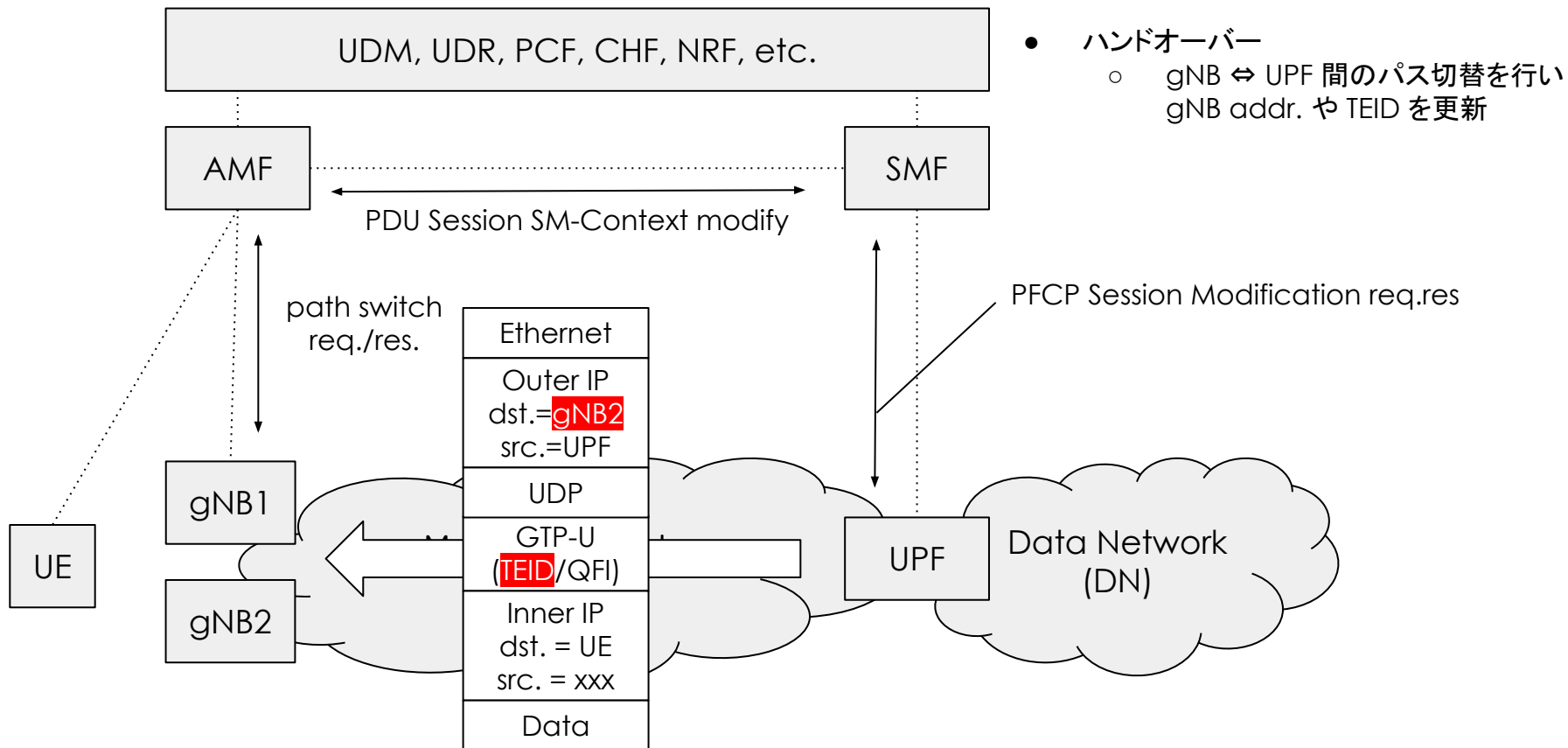


設計ポイント①:

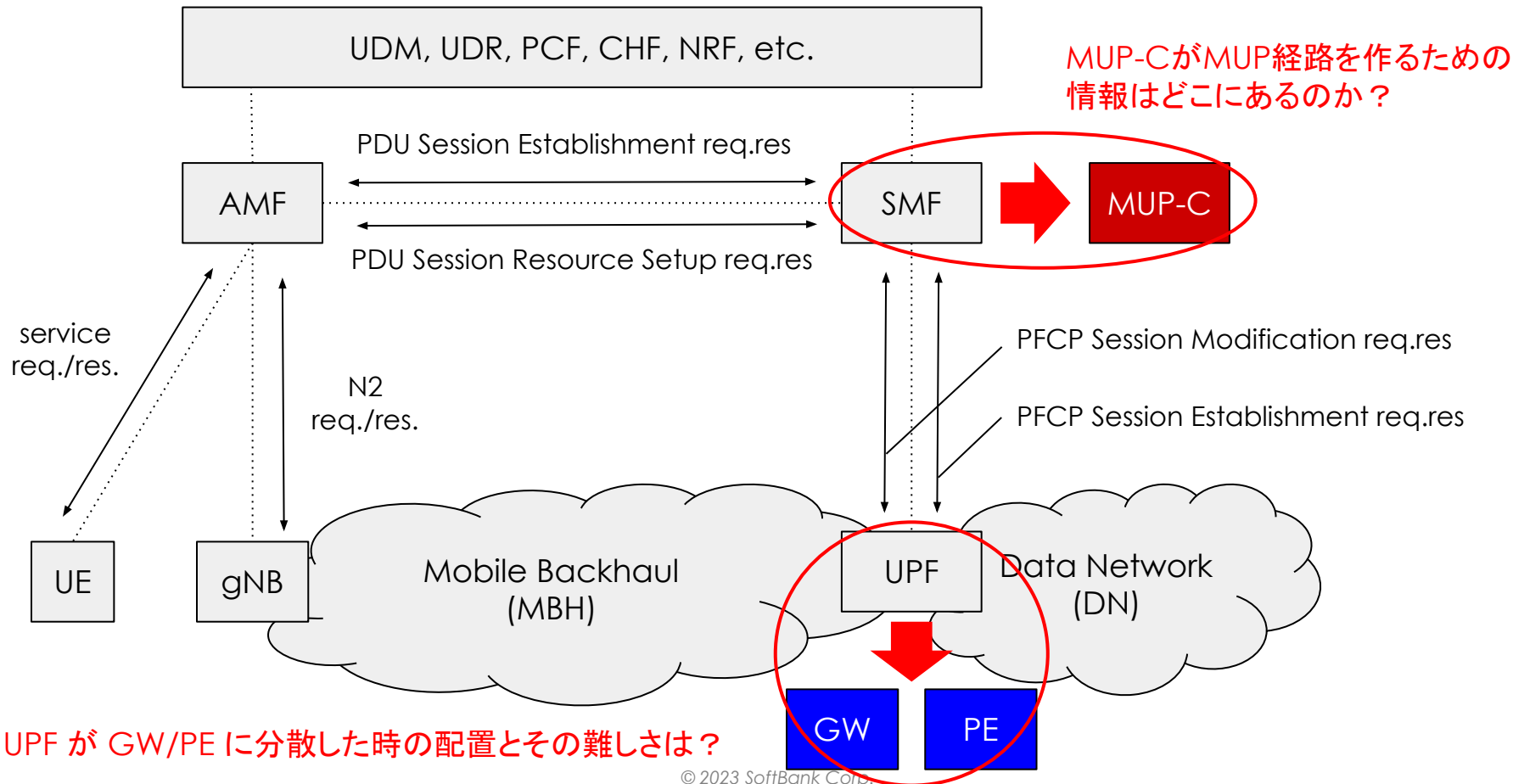
モバイル基本機能 (アタッチ/デタッチ/HO)

設計要件

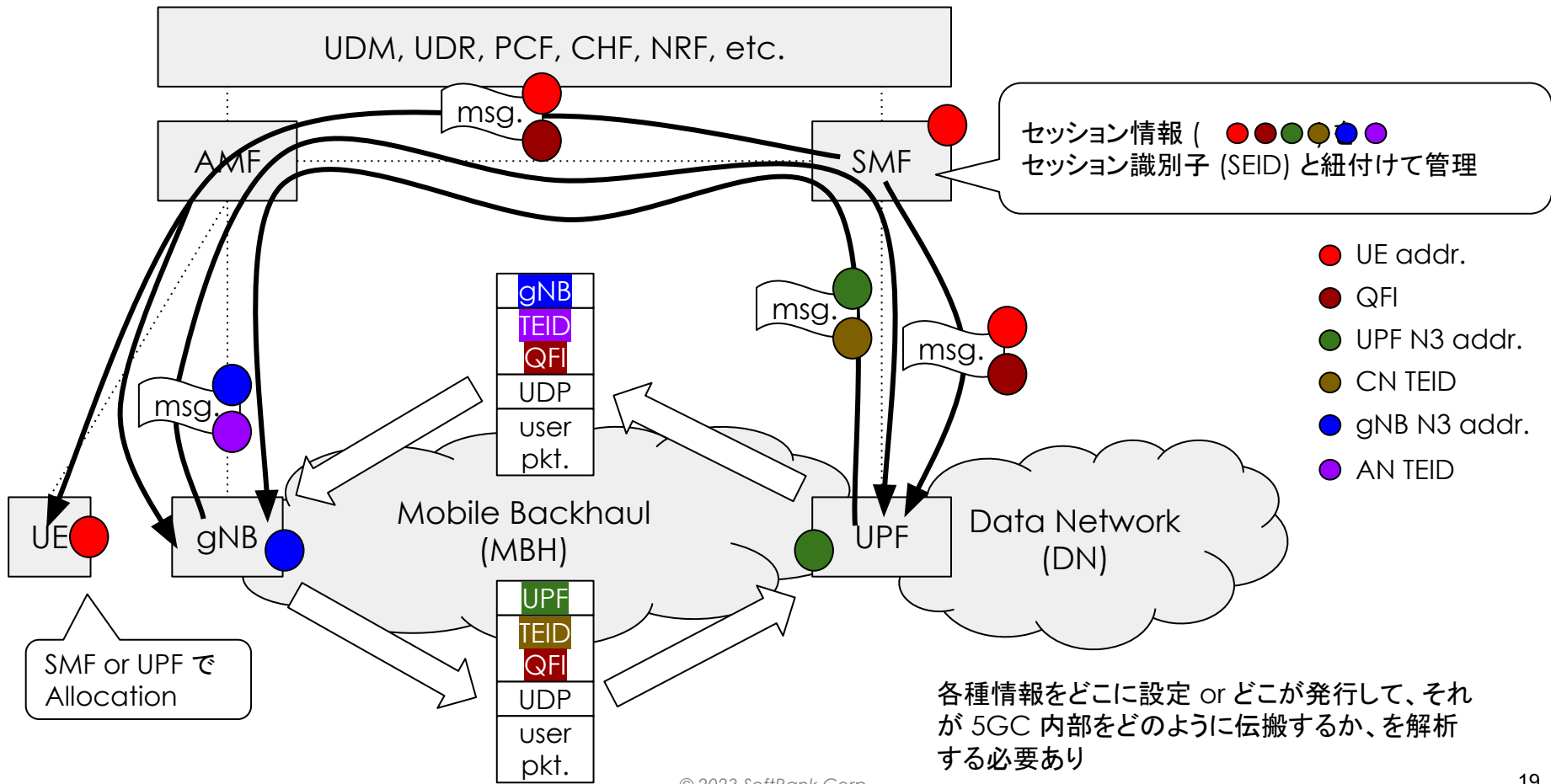




設計要件



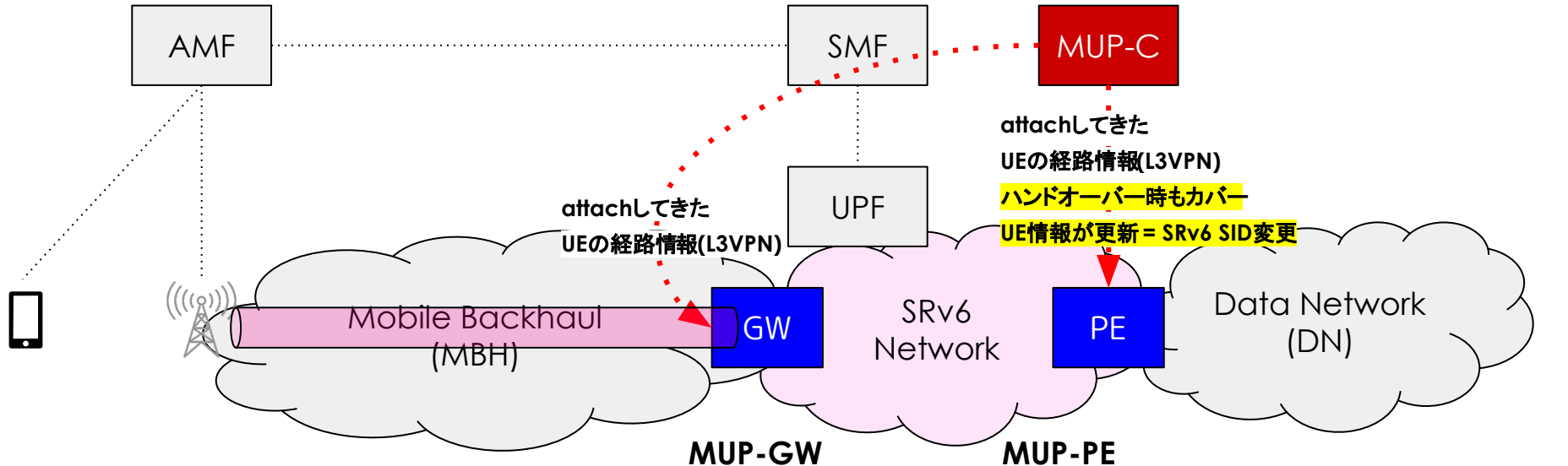
コア設計ポイント | セッション情報取得



伝送設計ポイント | 基本動作

Uplink: MUP GWでGTP-UからSRv6に変換(GTP4.D)され、MUP PEでDecapされる

DownLink: MUP PEでSRv6にEncapされ、MUP GWでGTP-Uに変換(GTP4.E)される



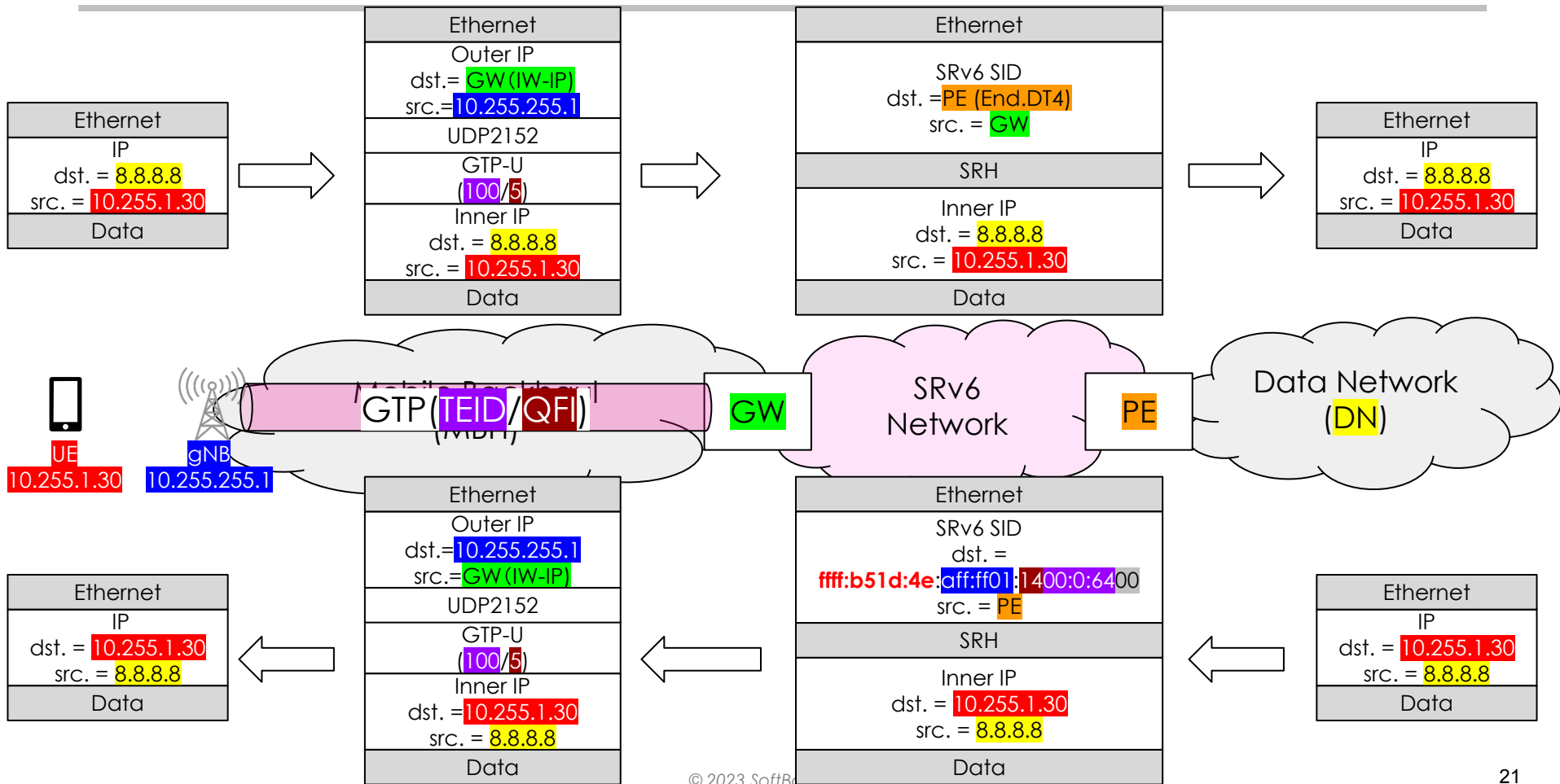
MUP-GW

Direction	key	action
Uplink	IW-IPv4-Prefix	End.M.GTP4.D
DownLink	SRv6 SID	End.M.GTP4.E

MUP-PE

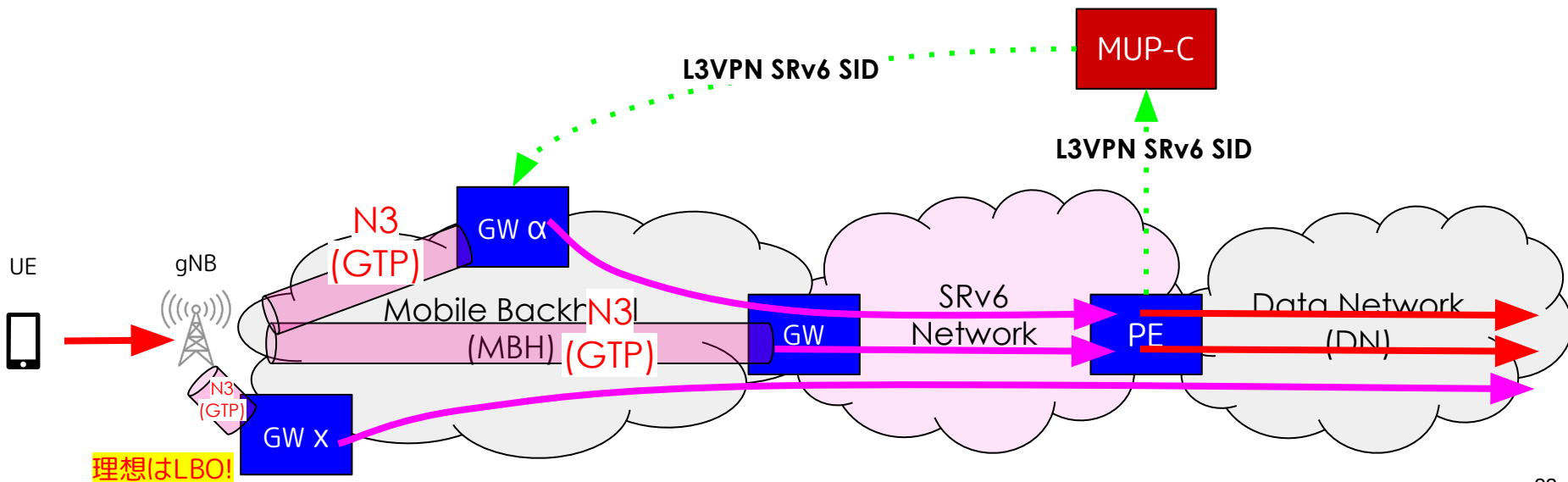
Direction	key	action
Uplink	SRv6 SID	End.DT4
DownLink	UEv4/v6-prefix	H.Encaps

伝送設計ポイント | 基本動作<補足>



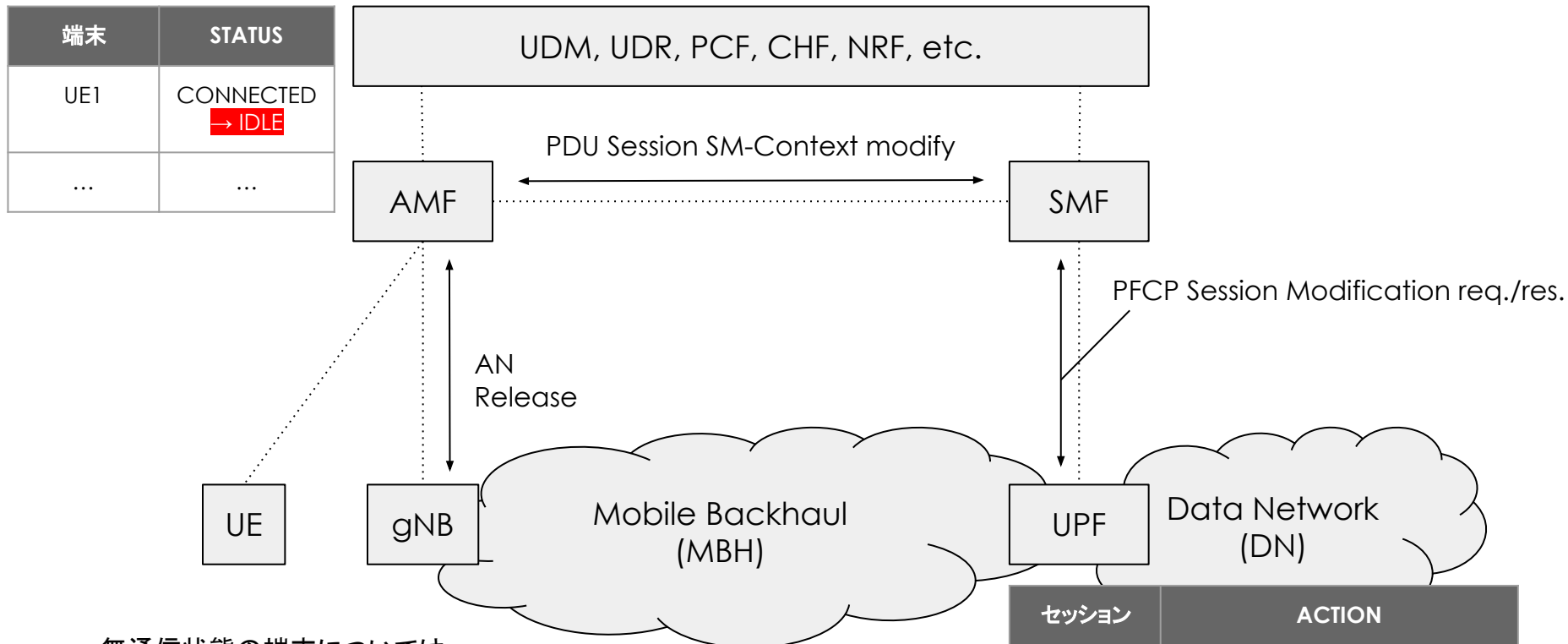
伝送設計ポイント | GW(PE) 配備

	GTP Decap/Encap ポイント		
	①SRv6 Networkの入り口(GW)	②既存BackHaulの入り口(GW a)	③MUP-Cと組合せた新しいNWを作る
設計のポイント	GWまでのreachabilityがあれば設計可 既存網影響なし、短期間での構築可能	既存Traffic巻き取り可。高速化、低遅延可	設計シンプルになり、 MUP用のServiceが提供可能
置き場の課題 (難しさ)	MUPのメリットが低 SRv6化(シームレス化)が限られる	作業時障害の可能性増 IPv6 Routingが出来る面が必要	調達と新設機器のコスト✕ 完成までの時間が長い



設計ポイント②: 接続状態管理

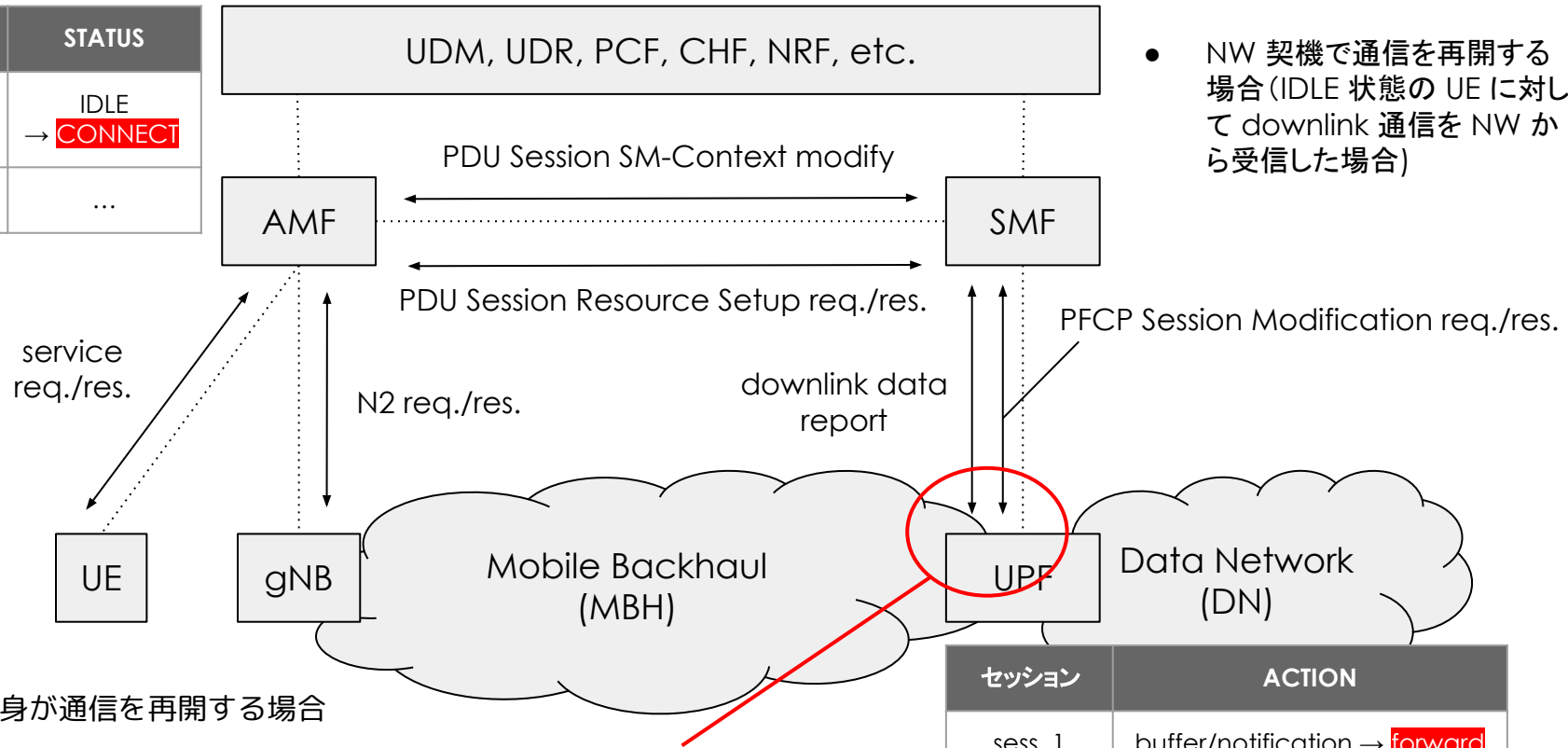
設計要件



- 無通信状態の端末については無線リソースを開放
- 貴重な電波資源を有効活用

設計要件

端末	STATUS
UE1	IDLE → CONNECT
...	...



- NW 契機で通信を再開する場合 (IDLE 状態の UE に対して downlink 通信を NW から受信した場合)

- UE 自身が通信を再開する場合

downlink packet のバッファリングや report 通知をどのように実現するか？

セッション	ACTION
sess. 1	buffer/notification → forward
...	...

伝送設計ポイント | IDLE 端末サポート

- 選択肢は2つ
 - 案1:MUP-GW/PE で要件を満足する機能を実装する
 - 案2:周辺ノードで同等の機能を実装(or 既存の仕組みを活用) する
- 案2の場合に伝送はどうか？
 - 周辺ノードの候補は？元々UPF が持つ機能なのでUPF に処理を委任するのが楽？
 - IDLE 状態を検知して経路変更？
 - IDLE 状態と CONNECT 状態は伝送的にどのように差別化する？
 - downlink 用 route の有り無し？デフォルトで downlink 受信用ノードに行く？
 - downlink 用 route ⇔ 周辺ノード向け route の交換？

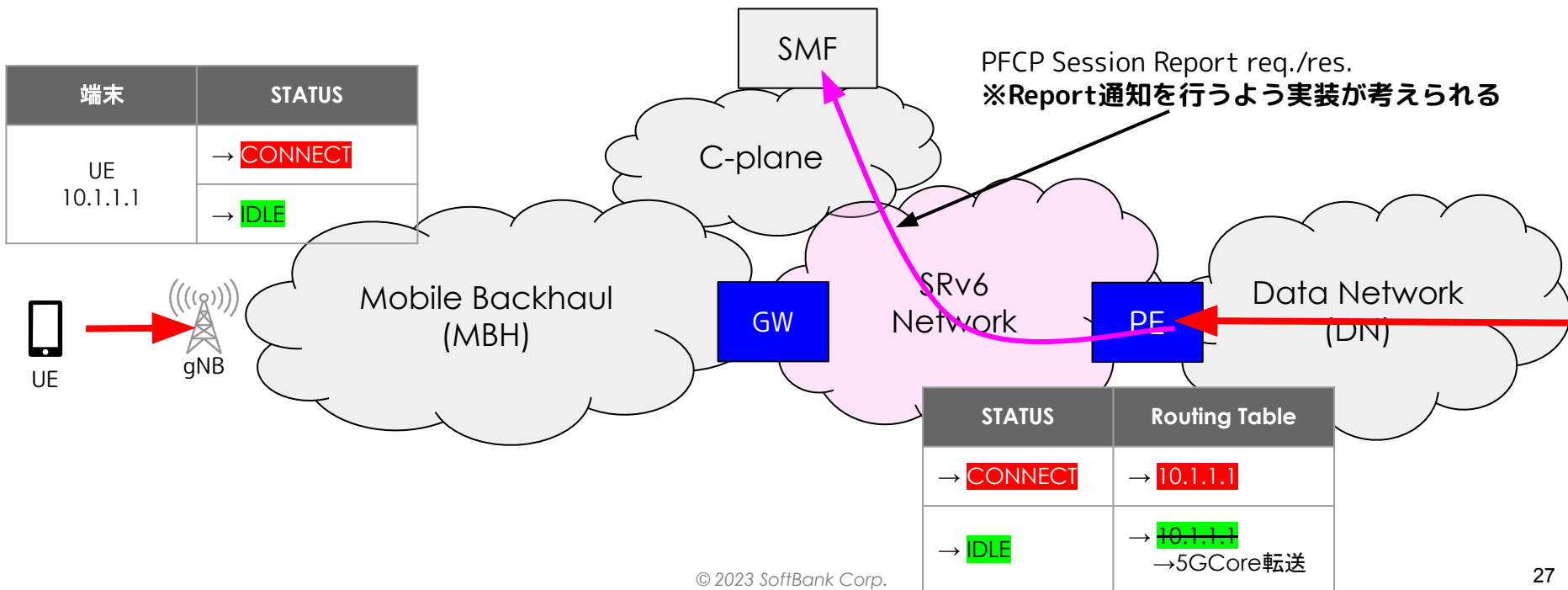
伝送設計ポイント | IDLE/CONNECTの差別化①

GW/PEにReport通知機能の搭載

→SMFへの疎通性を持たせれば、UEをたたき起こすことが可能

IDLE 状態と CONNECT 状態は伝送的にどのように差別化する？

→UE情報がなければ5G Core設備へ転送 = Routing情報



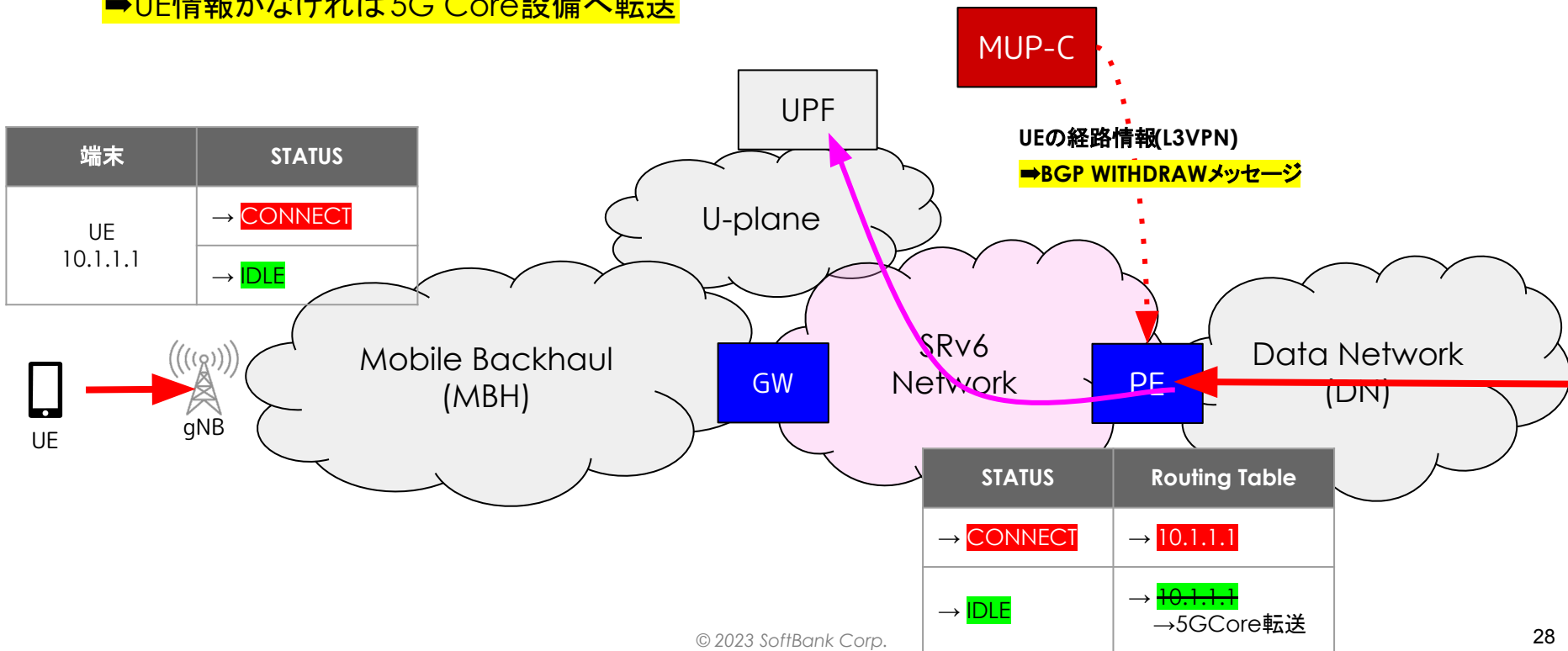
伝送設計ポイント | IDLE/CONNECTの差別化②

IDLE 状態を検知して経路変更？

→ ControllerからBGPとしてWithdraw mesを受信

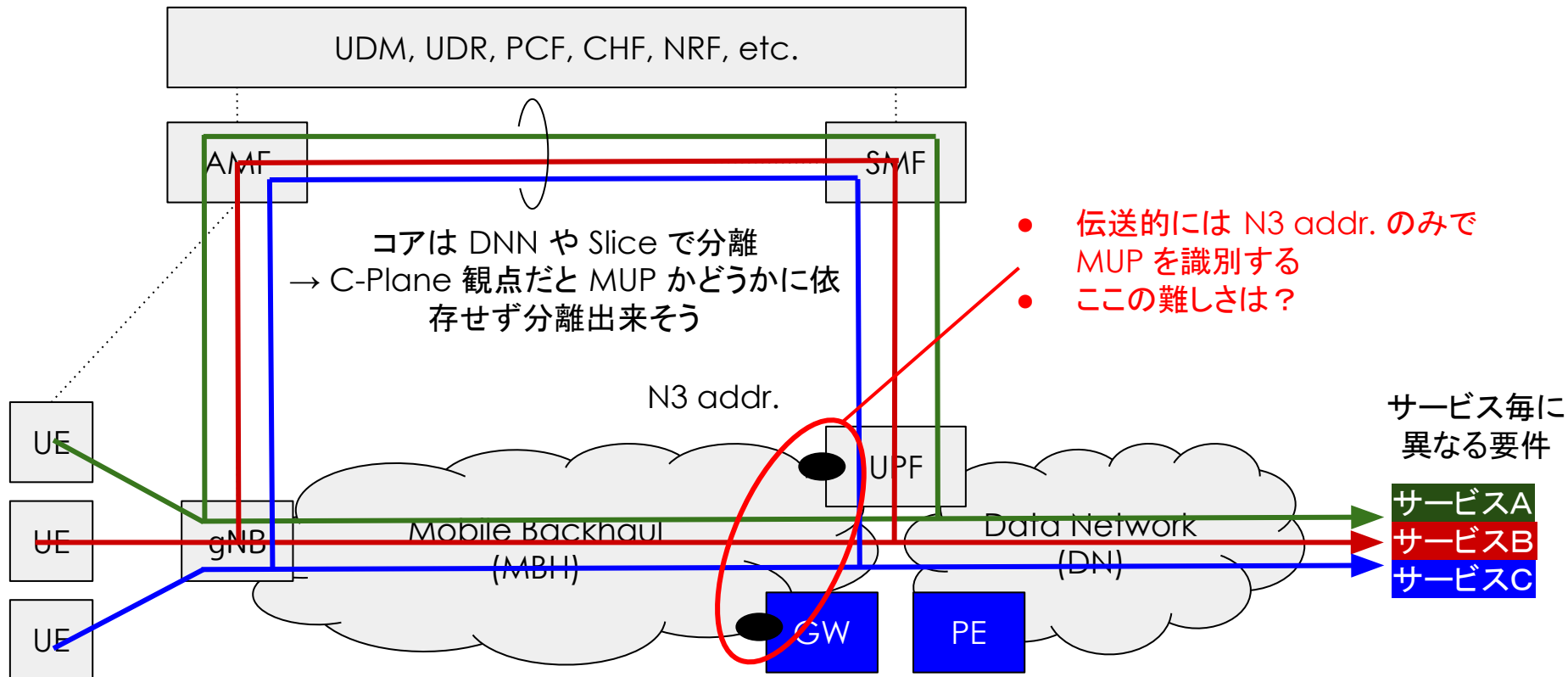
IDLE 状態と CONNECT 状態は伝送的にどのように差別化する？

→ UE情報がなければ5G Core設備へ転送



設計ポイント③: サービス分離

設計要件

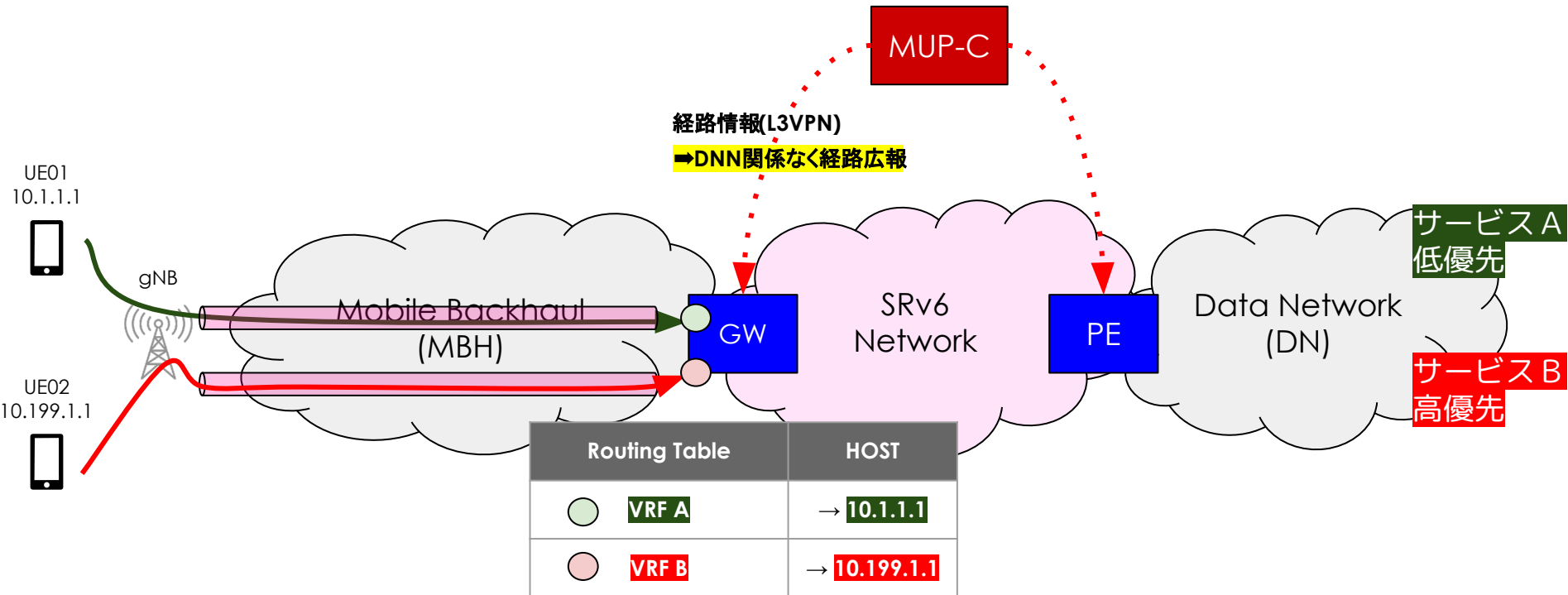


伝送の取りうるオプション①

N3がひとつの面(VRF)だった場合DNN分離の対応として

→GWでVRFを分けた場合

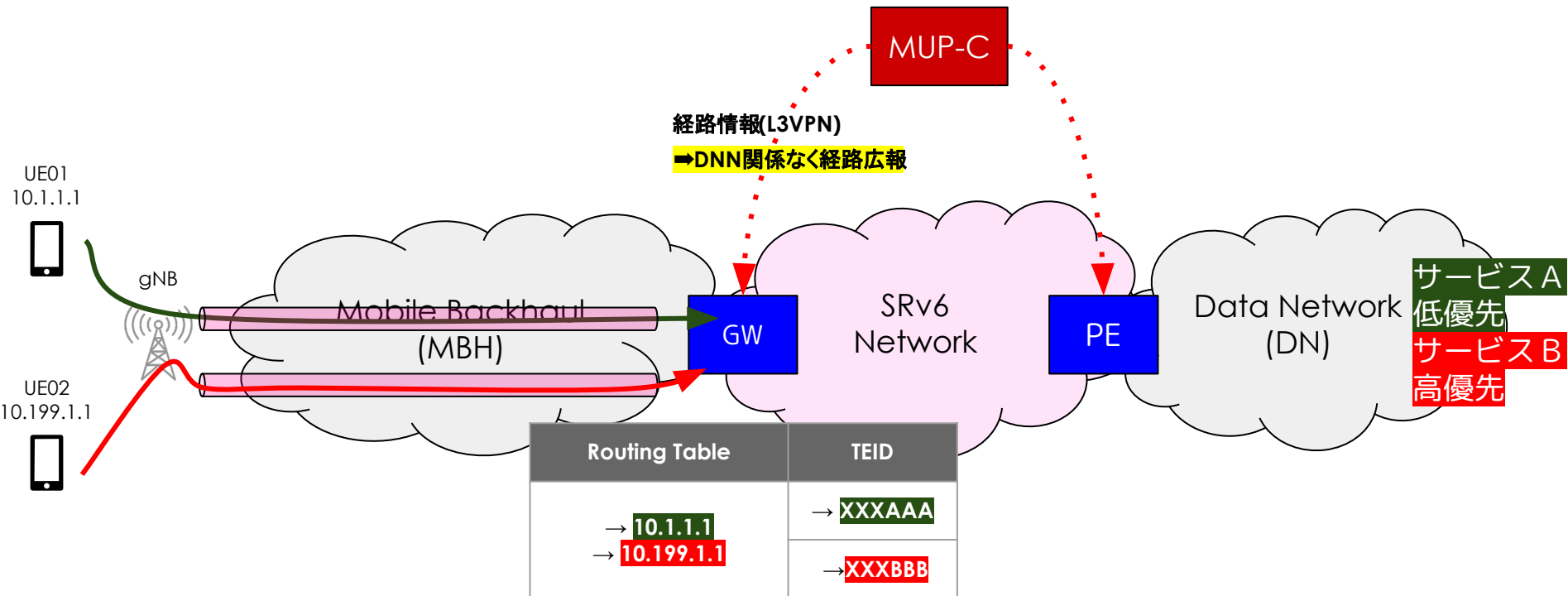
BackHaul全体のVRFをわけてサービスのすみ分けが必要となってくる。



伝送の取りうるオプション②

N3がひとつの面(VRF)だった場合DNN分離の対応として

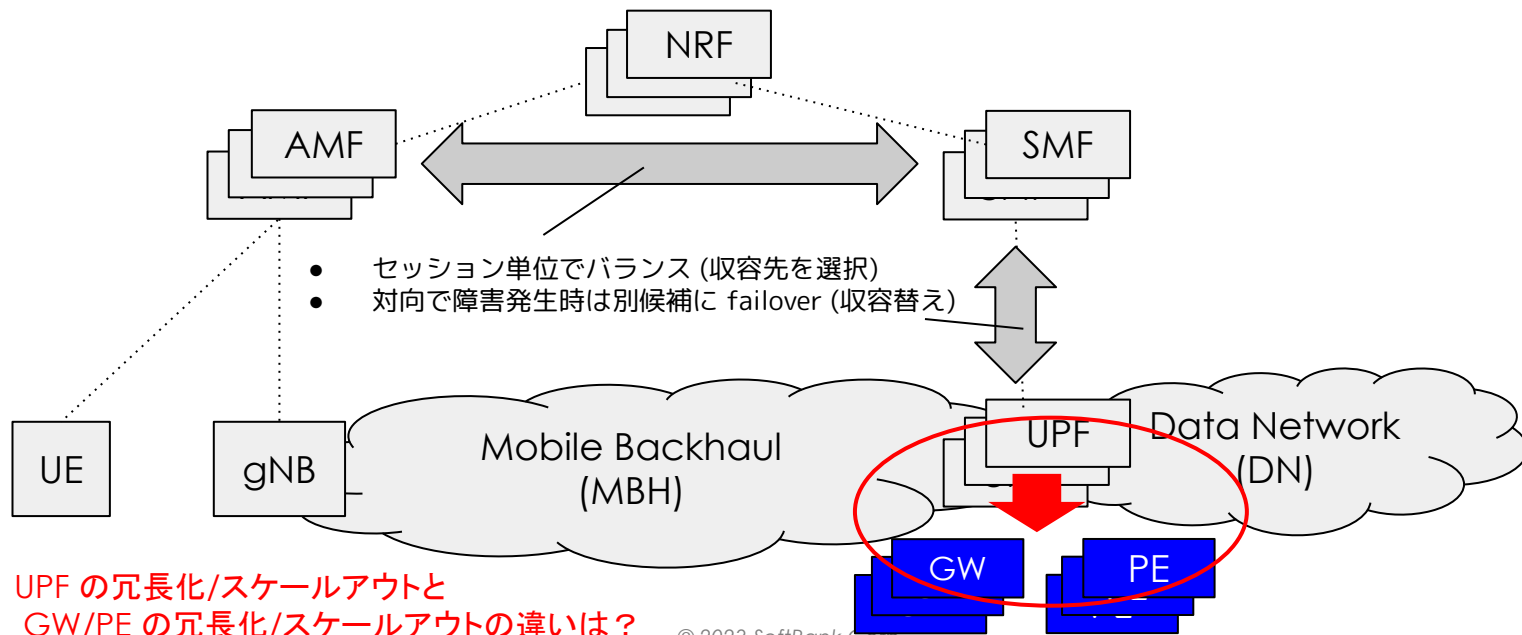
→ IPでのlongest matchではなく。TEID等を含めlongest match routing



設計ポイント④:
耐障害性 / スケールアウト

NW 要件

- ノード障害時 or リンク障害時は障害箇所を切り離し
 - コア: 障害ノード/リンクを切り離し、別候補に failover (收容替え)
 - 伝送: 経路変更により対象ノード/リンクを切り離し
- スケールさせる (需要増対応) の場合は複数ノードを構築しノード間で処理をバランス
 - コア: 対向ノードの選択候補を登録(or 動的に把握) しセッション単位でバランス
 - 伝送: ECMP や BGP multi-path 等で複数経路を利用 (バランス)



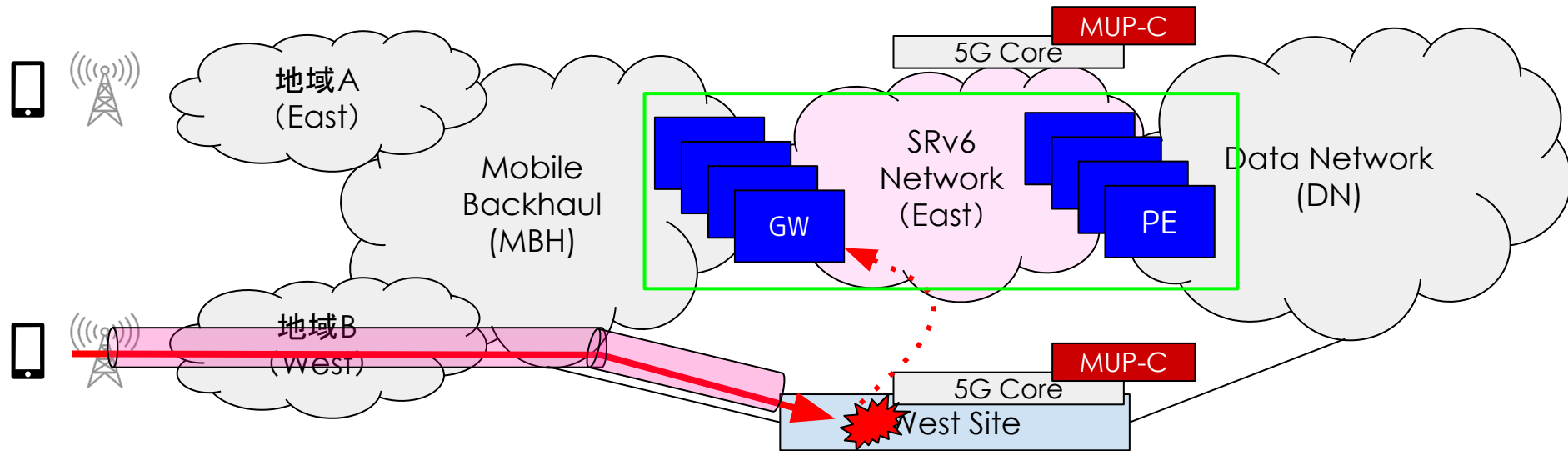
伝送設計ポイント | 冗長化/スケールアウト

需要増対応＝冗長化考慮＋スケールアウトとなる。

各筐体毎のスケール / Site断を考慮した設計を要する。

障害時の5G Core設備への通達やTraffic遷移等。

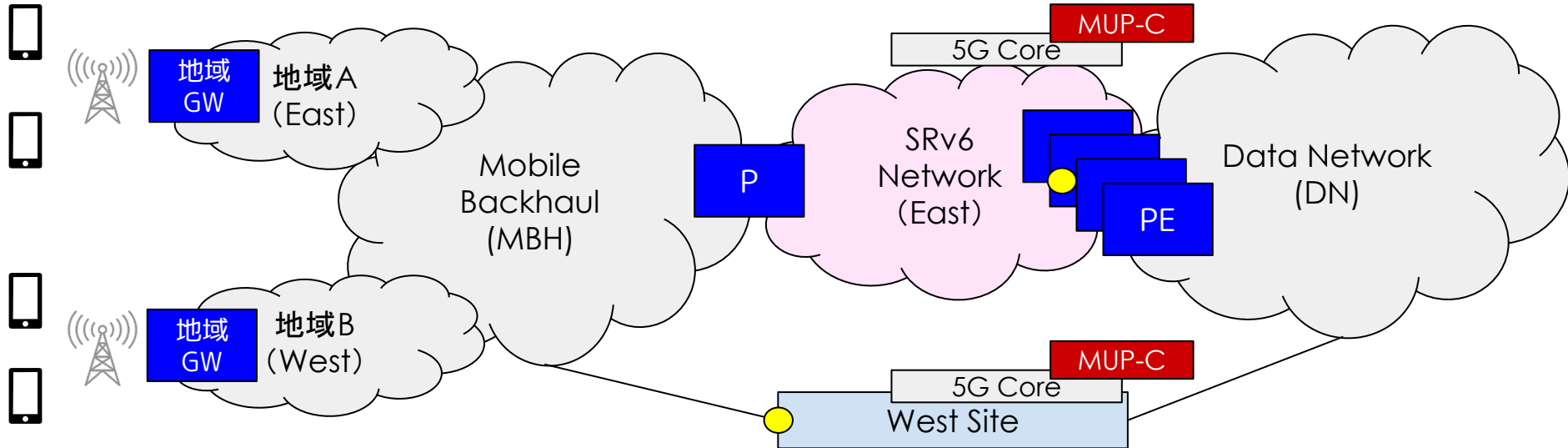
WBSで安価で大容量！



伝送設計ポイント | 冗長化/スケールアウト

セッション情報をいずれかの NF が保持 (收容) する、という 5G コアとは違い、
 伝送はセッション情報(経路情報) を NW 内のノードが分散的に保持するため、
IP の考え方で UPF (としての機能) の冗長化/スケールアウトが可能!

- anycast ● 使えば伝送側で楽に拠点間バランス出来る
- 拠点内の GW 故障時はアンダーレイプロトコルで伝送切替
- コアでやろうとすると TAC (Tracking Area Code = 地理情報) 等で收容 UPF のバランスが必要
- UPF 故障時はリアタッチ or Session Context 移行でオーバーヘッド大

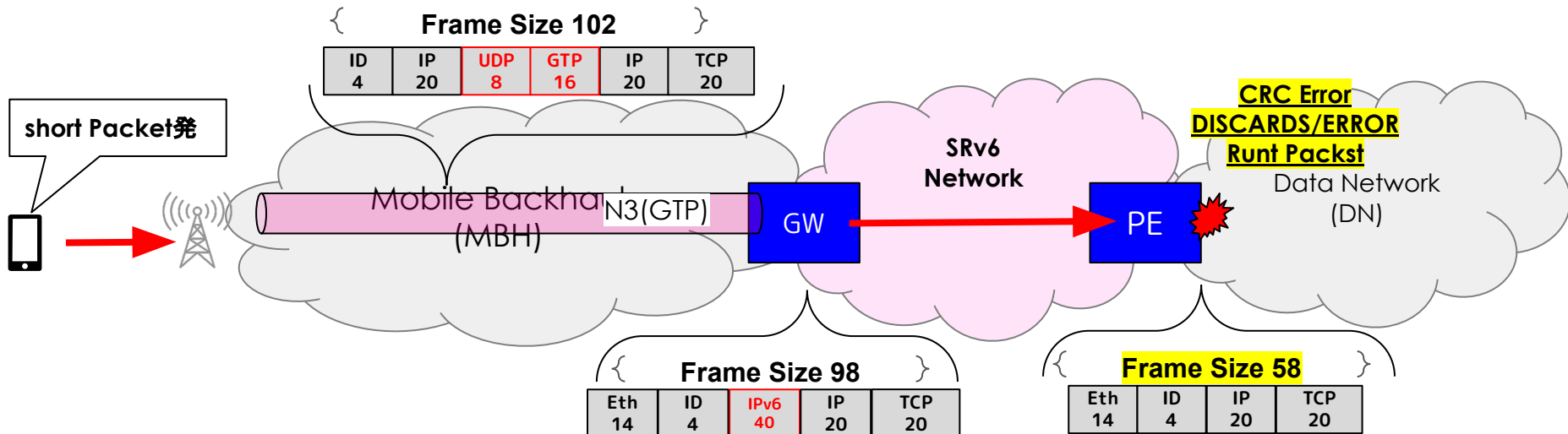


苦勞ポイント

苦勞ポイント | Padding機能問題

UEからのShort Packetの処理や扱いについて。

SRv6 NWでの検討やGTP処理をRouterで実施したことにより発見。



苦勞ポイント | 3GPP message format 問題

- N1/N2/N4 あたりの message format
 - 特に N4 (PCF) は 3GPP 上は TS29.244 で規定されている
 - が、情報の持ち方は色々な実装パターンを取りうるのでベンダ毎に差分が生じやすい
- 3GPP 規定の解釈の違いによって発生する不整合は SMF/UPF 導入時にも問題になることが多い(MUP も同様)

PCF Session Estab. Req. format

IE	P	説明
PDR ID	M	PDR 識別番号
Precedence	M	優先度
PDI	M	パケット検出情報
...

PDI IE format

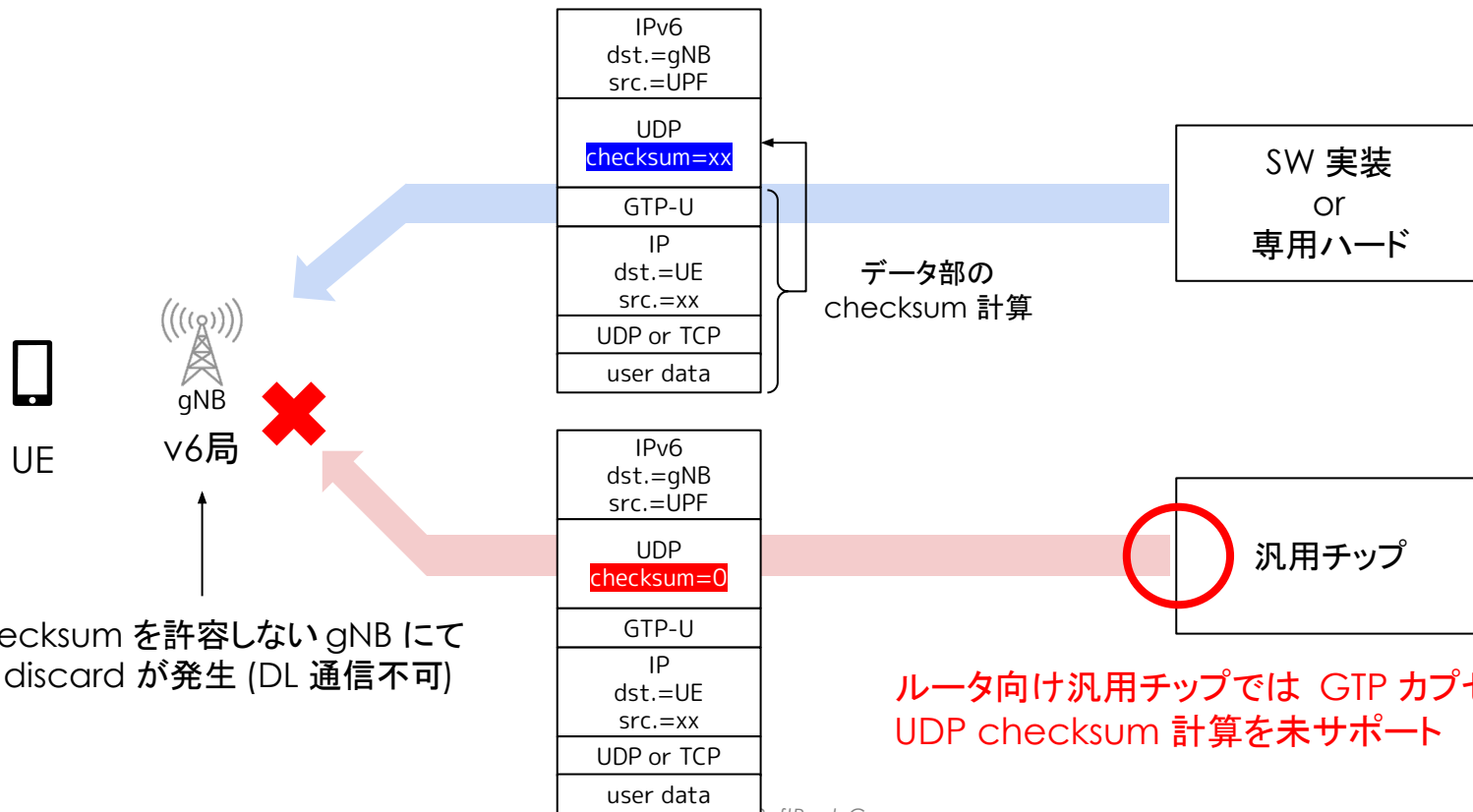
IE	P	説明
Source Interface	M	送信元 IF
Local F-TEID	O	TEID
UE IP address	O	UE アドレス
Traffic Endpoint ID	C	エンドポイント識別子
...

Traffic Endpoint IE format

IE	P	説明
Traffic Endpoint ID	M	エンドポイント識別子
Local F-TEID	O	TEID
UE IP address	O	UE アドレス
...

同じ情報を複数の場所に設定可能。
→ 情報の持ち方がベンダ毎に異なる

- UDP checksum 計算を未サポートで (一部ベンダの) v6局と通信時に packet を discard



- 標準上は IETF/3GPP 両方でトンネルプロトコル利用時の UDP zero checksum を許容
- 但し、3GPP は “対向ノード + NW で zero checksum を許容している場合” という条件付きのため、一部 gNB ベンダが zero checksum を許容しない場合は checksum 計算が必要
- 可変フィールドの補数和計算を行う checksum 計算は重たい処理でありパケット転送性能への影響が大きく、checksum 計算を行うことで大幅に転送性能が劣化する、という報告もある

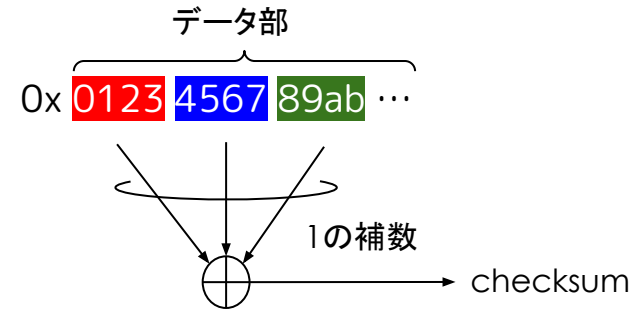
RFC6935 “IPv6 and UDP Checksums for Tunneled Packets” より抜粋

To improve support for IPv6 UDP tunnels, this document updates RFC 2460 to allow endpoints to use a zero UDP checksum under constrained situations (primarily for IPv6 tunnel transports that carry checksum-protected packets) ...

TS29.281 “General Packet Radio System Tunnelling Protocol User Plane (GTPv1-U)” より抜粋

When using GTP-U over IPv6 (see IETF RFC 8200 [36]), the UDP checksum shall not be set to zero by the sending GTP-U entity unless it is ensured that the peer GTP-U entity and the path in-between supports UDP zero checksum.

チェックサム計算 (補数和→1の補数)



➡ チップとして処理が可能だとしても H/W リソース消費が大きく現実的でない。
U-Plane ノード数増からの NW コスト増からのエンドユーザ利用料金増の恐れ。。
U-Plane ノードの NFV 化等、U-Plane 処理をクラウド化する時の足枷になりうる。。

■ モバイルと IP のパケット処理の違い

- モバイル特有のパケット処理を IP の世界 (チップ) で実現していく必要がある
- ショートパケットに対する Padding 機能の必要性も顕在化

■ 既存プロトコルや既存実装との整合

- 5GC 側のプロトコルや各 NF の情報の持ち方 (実装) を理解・分析した上で “いい感じ” に MUP-C に機能実装する必要がある
- ベンダ毎に実装に差分があり困るケースも、

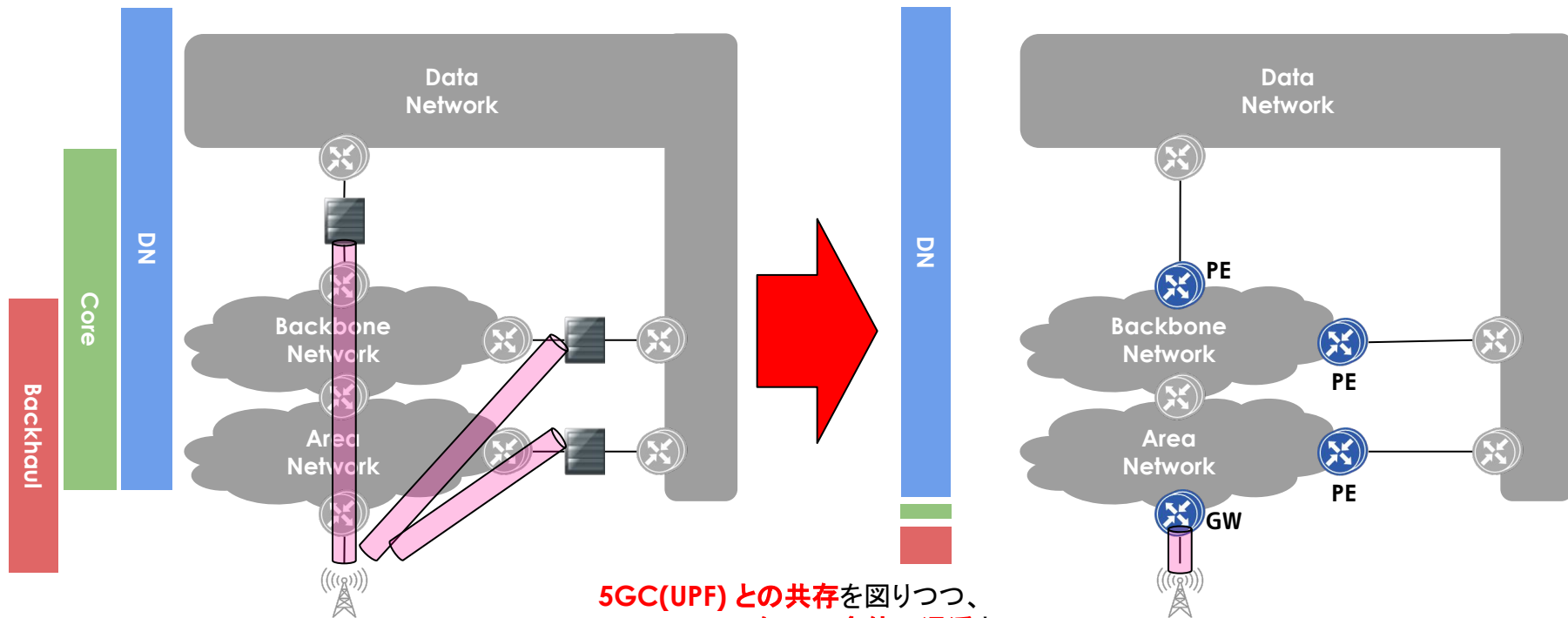
■ IETF と 3GPP の壁

- IETF に準拠したルータと 3GPP に準拠した UPF
- IETF と 3GPP で解釈に差分が生じるケースも、

将来展望

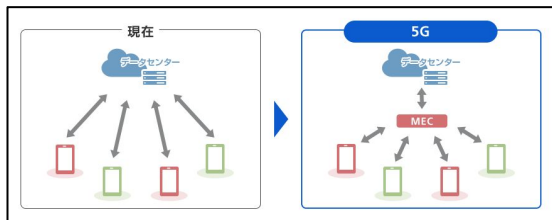
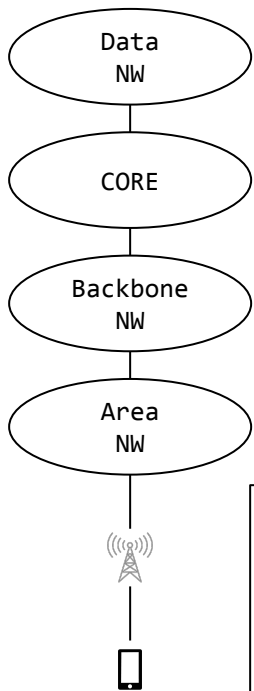
将来展望 | モバイルNWの進化

下記のフラットなData Networkを現実のものとするべく、
先に上げた**課題の解決**や**White Box Switch**での**評価**など検討していきたい

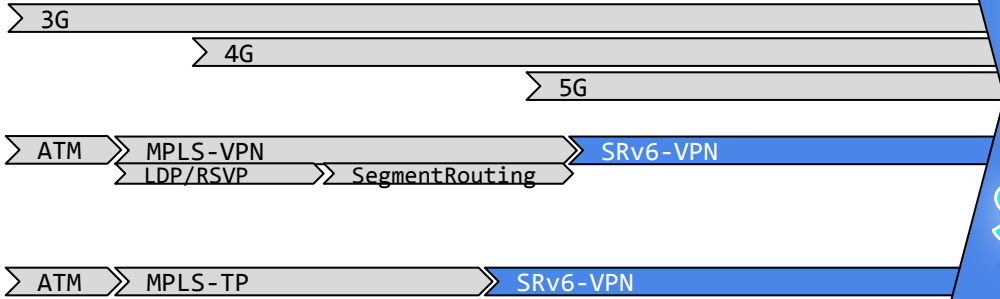


5GC(UPF) との共存を図りつつ、
MUP architecture をNW全体に浸透させて、
モバイルNWのフラット化・オープン化(WBS化)を推進！

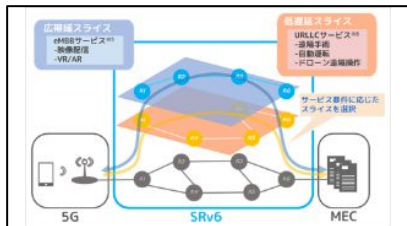
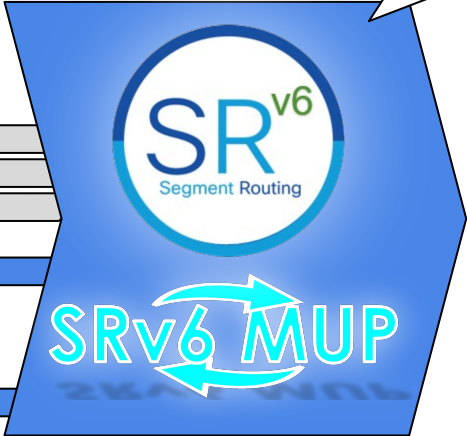
将来展望 | SRv6を拡大



JANOG50「あつまれSRv6の森」
SRv6によるモバイルネットワークとコンピューティングの融合

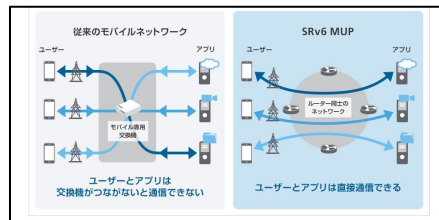


COREとDataNWも
SRv6化が実現される



2022年 SRv6全国展開完了

https://www.softbank.jp/corp/news/press/sbkk/2022/20220426_01/



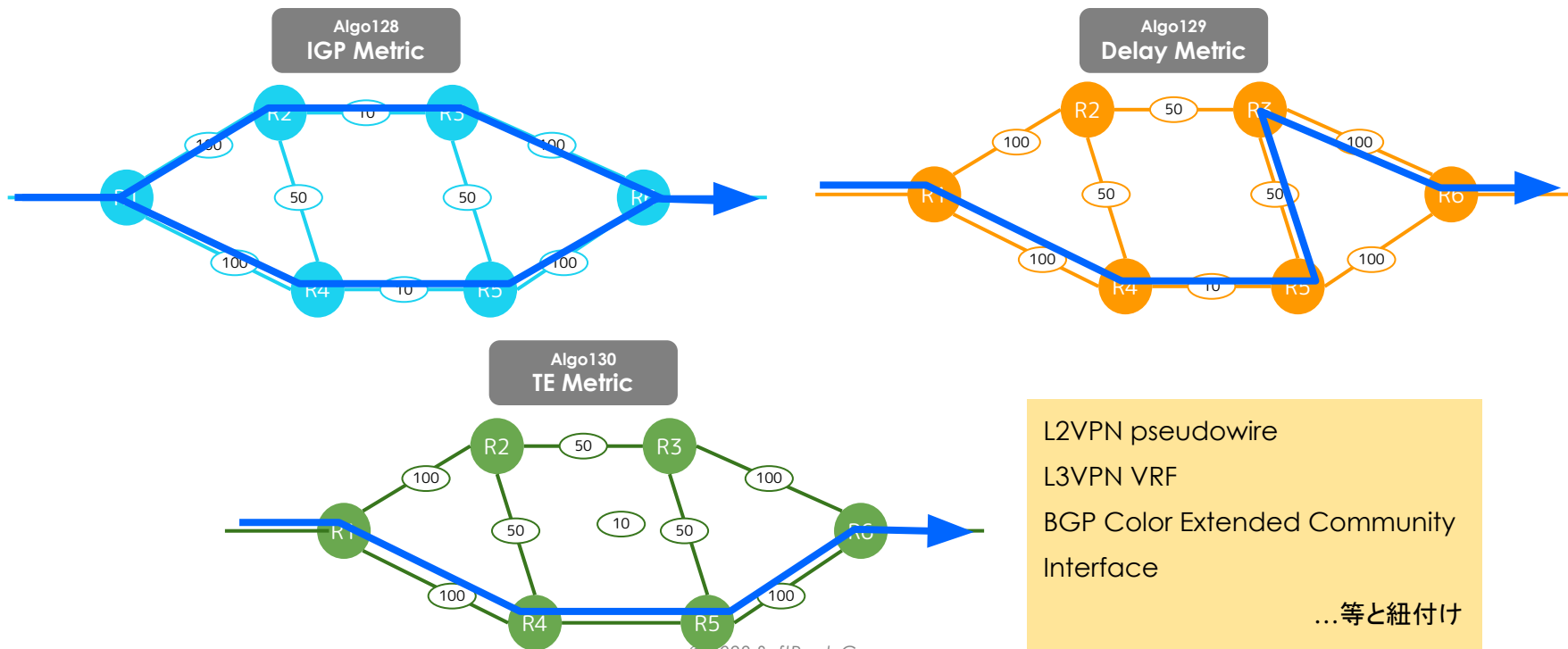
2023年 SRv6 MUPフィールドトライアル

https://www.softbank.jp/corp/news/press/sbkk/2023/20230224_01/

トランスポートスライス

Flex-Algoを使ってアンダーレイ上に複数のトポロジを生成

➡ 異なるmetricタイプを駆使して、サービス要件に応じた伝送を実現



L2VPN pseudowire
 L3VPN VRF
 BGP Color Extended Community
 Interface
 ...等と紐付け

communityを使った、
SR-Policy ~ Flex- Algoの
マッピングは実証実験で実現済み

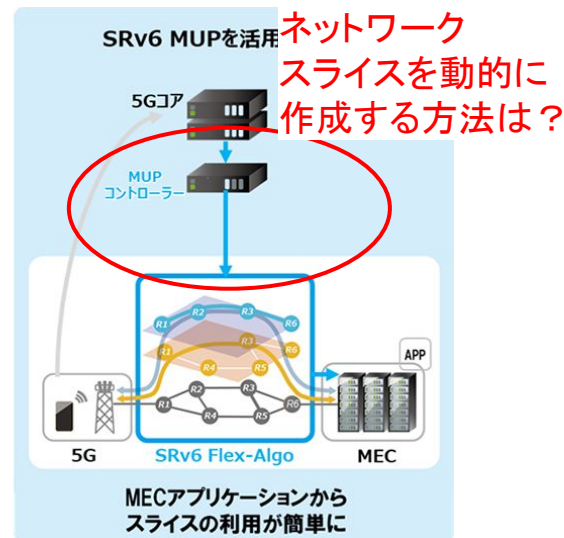
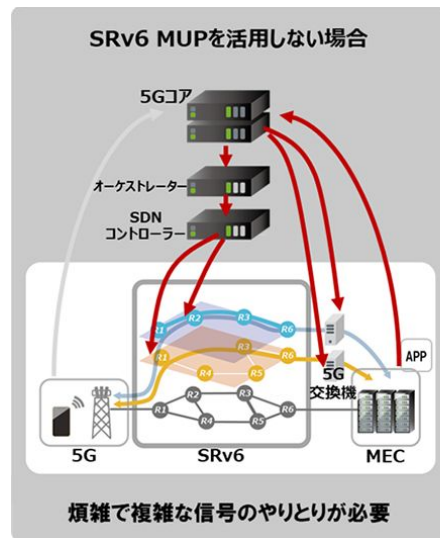
一方でモバイルネットワーク上のス
ライス識別子とマッピングは
手法を検討していく必要がある

- ネットワーク上で、
どの識別子を使うのか
- コントローラーで、
どうやって識別子間を
紐付けするのか
- スライスが出来たとして、
どう制御していくのか

プレスリリース 2022年

「SRv6 MUP」 と 「SRv6 Flex-Algo」 を活用した
MECのアプリケーションと5Gのスライスの
連携を自動化する実証実験に成功するとともに、
「SRv6 MUP」 と5Gの設備との接続検証を完了

2022年9月14日
ソフトバンク株式会社

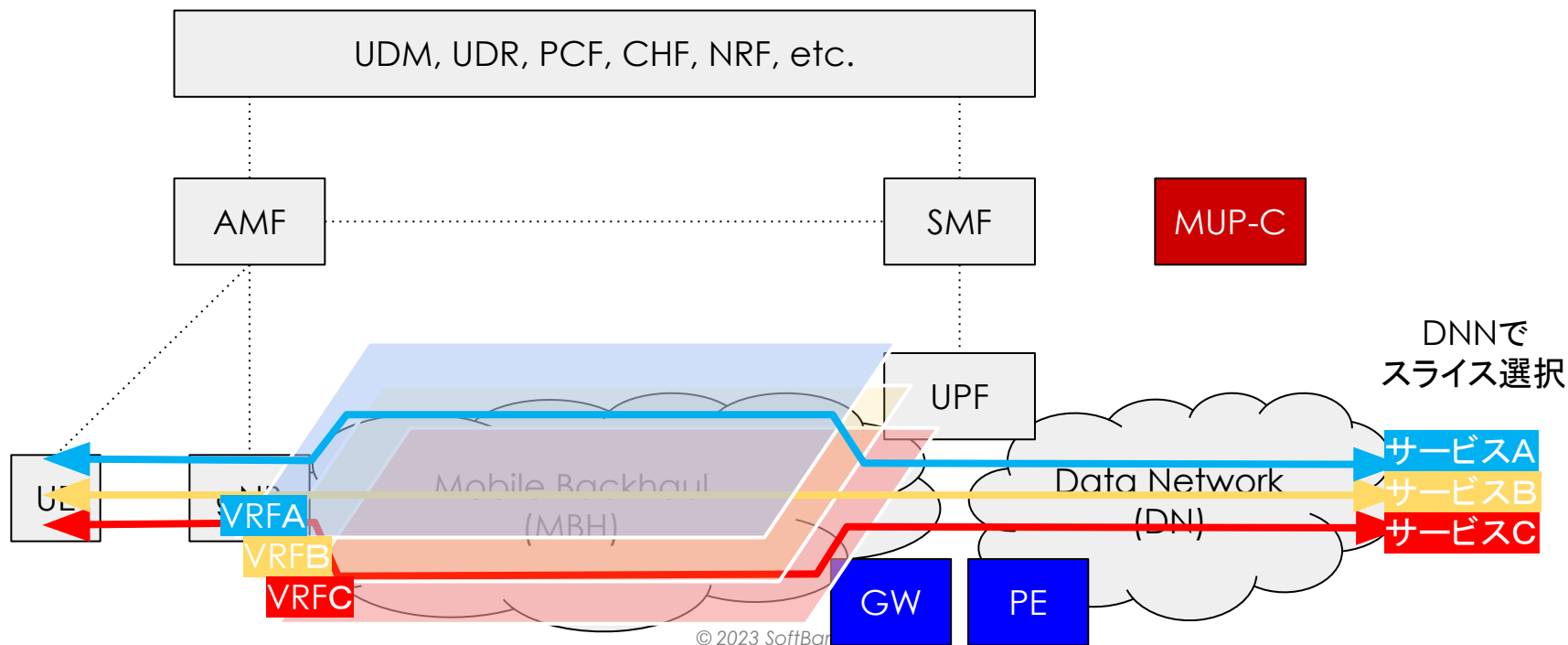


https://www.softbank.jp/corp/news/press/sbkk/2022/20220914_01/

スライス識別としてDNNを利用

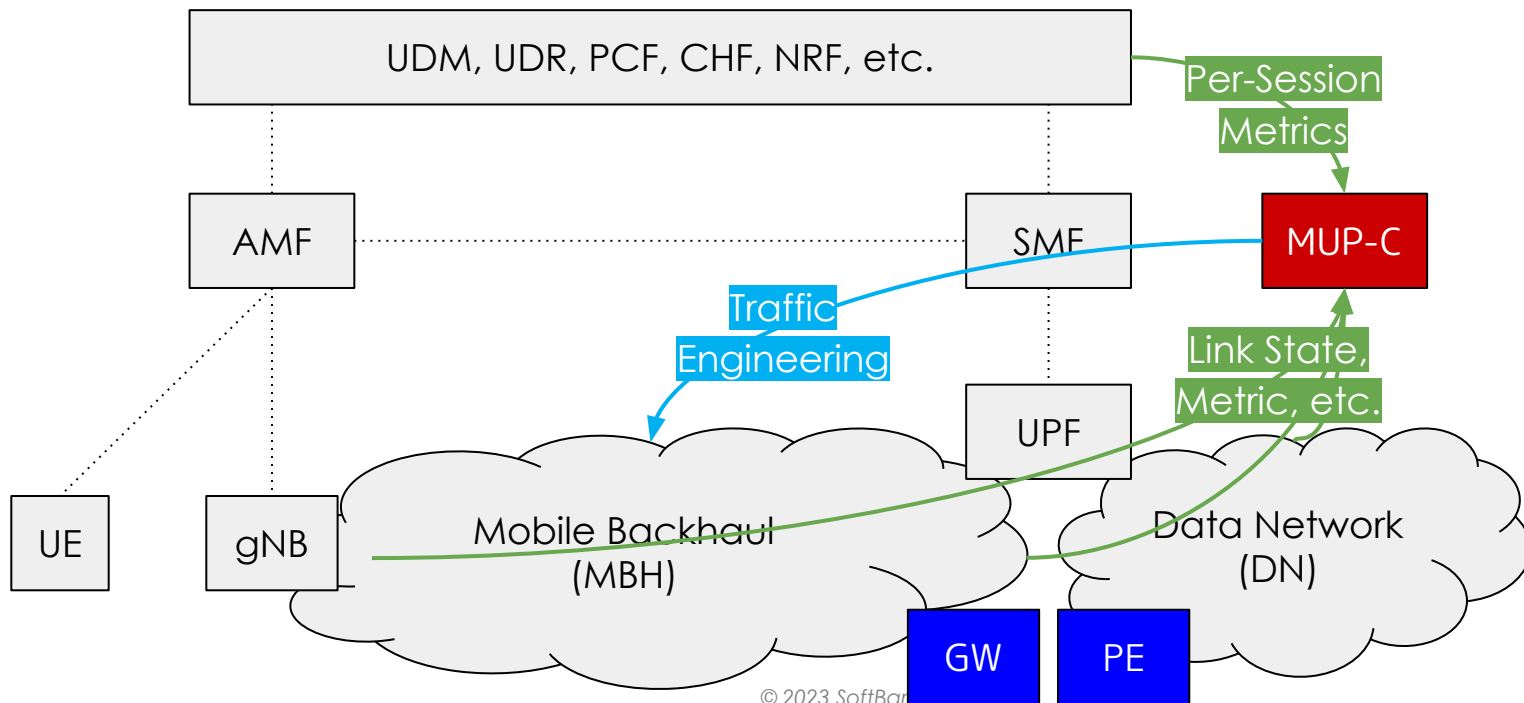
DNNもN3 VRFも分離すると同じ宛先/UEでも、別のVPN経路

➡ 宛先毎に別のAlgoと紐づくSRv6 SIDを使い、指定のmetricタイプで伝送



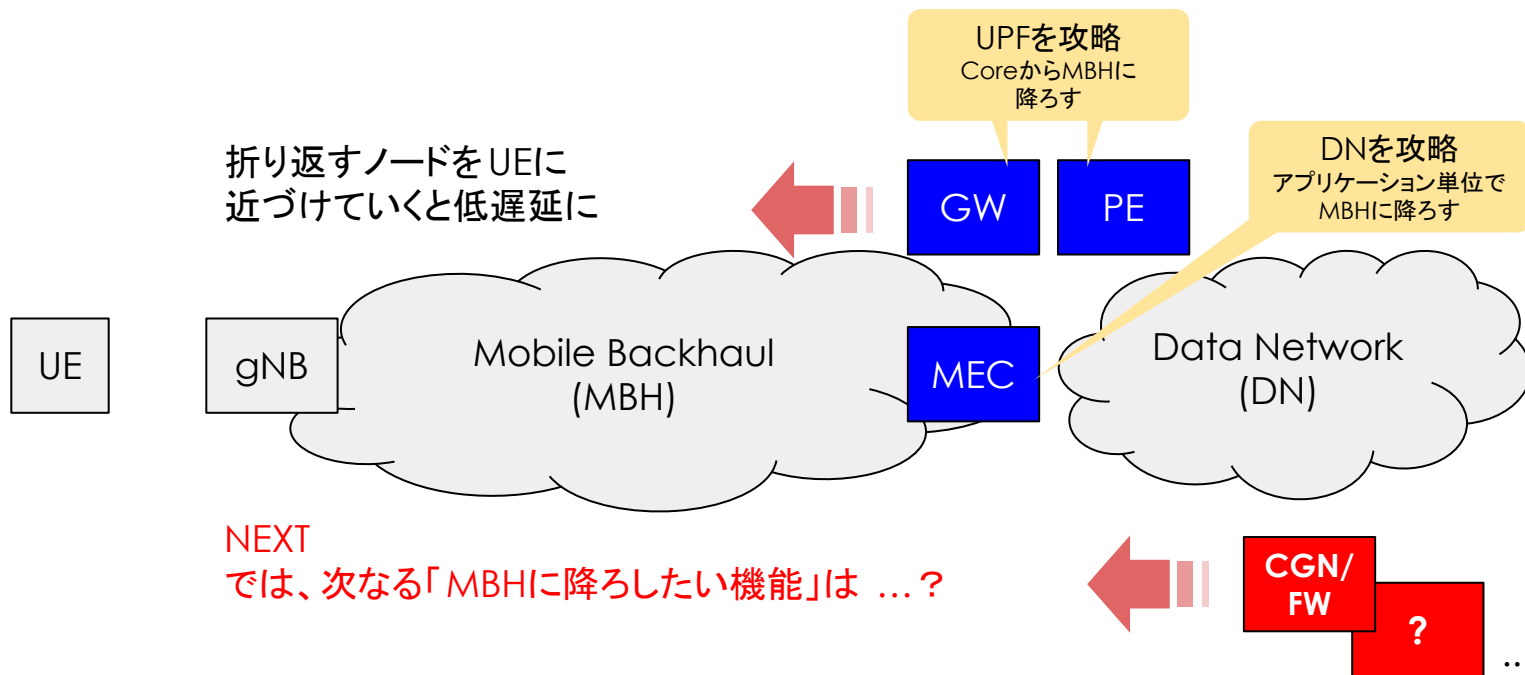
End-to-Endトポロジ情報を取得と、
トラフィックエンジニアリング経路のプロビジョニング

➡ モバイル & トランスポートスライスの動的な制御



MUP GWをエリア・アクセスにばら撒き、更にUEに近づけていくと、
Device-to-Device等の折り返し通信が地方で完結し、更に低遅延になる

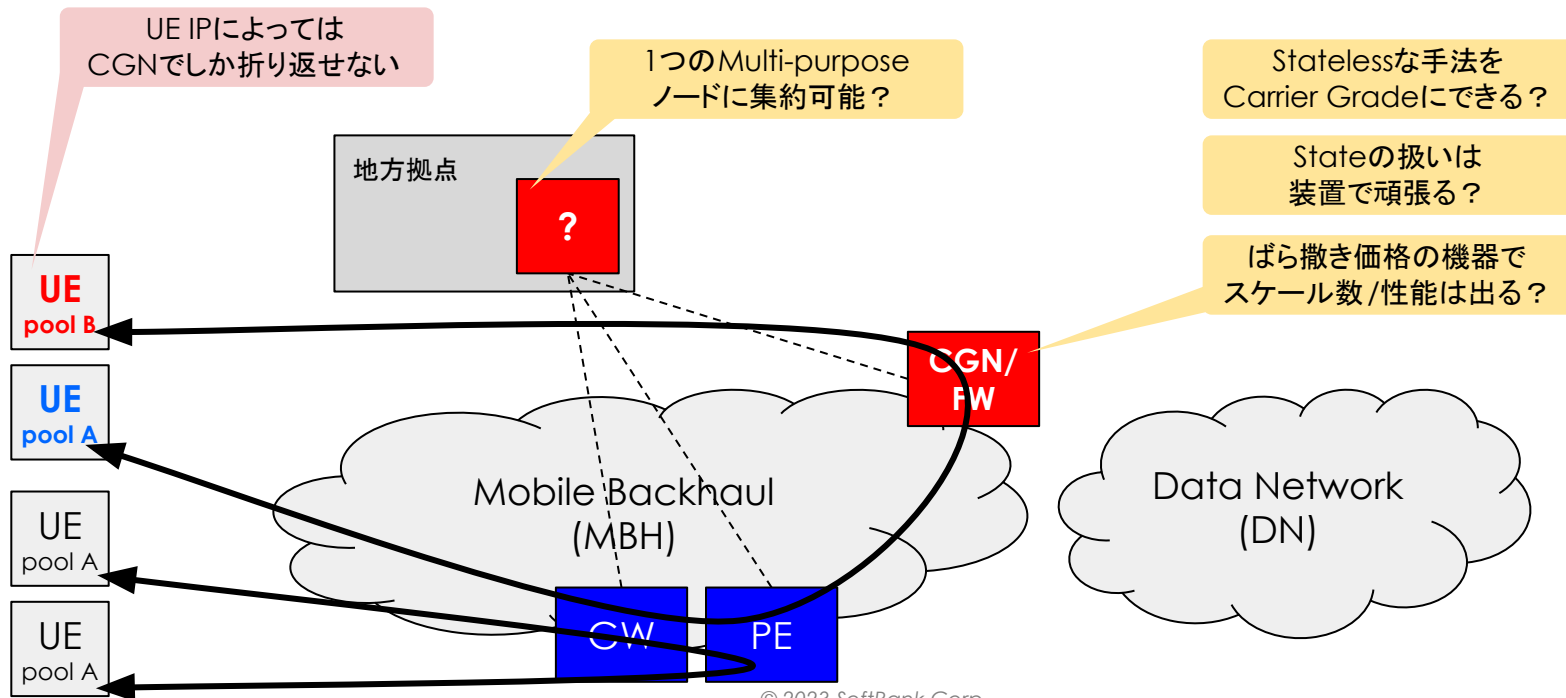
➔ UPF以外のノードでもこの考え方が適用できるのでは



NAT(アドレス変換)を行うCGNでの解決になってしまう折り返し通信もあり得る

➡ エリア・アクセスでCGN相当のNATまで行う世界観

(UE~MBH~DN すべてが IPv6-only になればこういった心配は不要ですね！)



皆さんと議論したいこと

- 将来のモバイルユーザプレーンはどうあるべきか？
 - フィジビリティ: 新技術、WBSの商用環境への導入
 - 自分たちのNWに合ったNW開発 (機能要求) をして、且つコアと伝送を考慮した設計
 - 課題の乗り越え方は各々どうしている？
 - WBS導入したけど、H/WベンダとS/Wベンダが違うことによる課題、どう乗り越えている？
 - モバイル (UPF) の機能・要件をどのように実現していくか、
 - 課金制御などの特殊な機能は UPF から切り離して考える？
 - SRv6 との親和性は？(SRv6 function としての課金機能？等)
 - IETF と 3GPP の壁
 - 規定(解釈)に矛盾が生じるケースも,,(v6 UDP checksum 等)
 - ユースケース: D2Dみたいな通信フローや、E2E slicingができるネットワークがあるとしてどんなサービスを乗せたいか？
 - flex-algo 等の伝送側の技術との連携でモバイル側の機能要件を実装？スライス？MEC？
 - UPFの他に何が物理的に・ネットワーク的に近くに来たら嬉しいか？

End-of-slide