

モバイルに固定IPを求めるのは 間違っているだろうか

NTTドコモ
國友宏一郎 奥田兼三

2025/7/31

- 固定IP目線でみるモバイルNW概要
- マス向けの固定IPアドレスの可能性
- 固定IPアドレスと冗長構成
- まとめ

発表者紹介

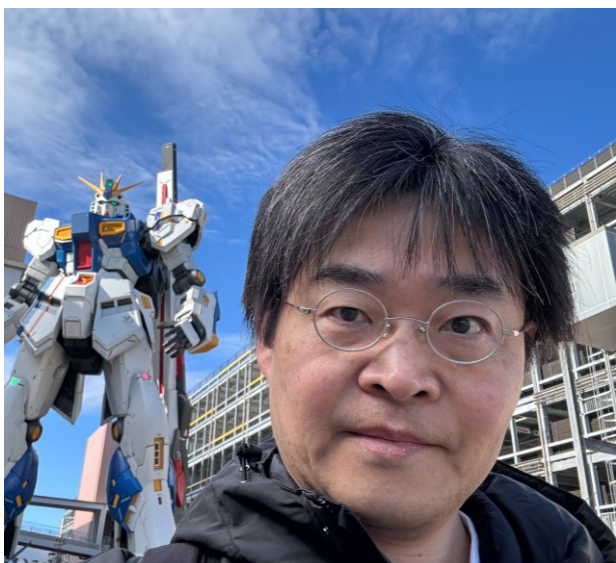


國友 宏一郎



奥田 兼三

自己紹介



國友 宏一郎

くにとも こういちろう

NTTドコモ

コアネットワークデザイン部 5Gコア担当

これまでの経歴

- ・PDC-P(2Gパケット)の保守運用
- ・3Gパケットコアネットワーク開発
- ・4G(LTE)コアネットワーク開発
- ・5Gコアネットワーク開発

ドコモのパケット系のコアネットワーク担当です！

最近の業務

5GC on AWS
AIを用いた5GCの構築

趣味

社内でのIPv6布教活動
アニメ鑑賞
(GQuuuuuuuX面白かったです)

JANOG登壇歴

JANOG48,52, 53(2回), 54, 55
今回で7回目

自己紹介

奥田 兼三 おくだ けんぞう

- NTTドコモ

- コアネットワークデザイン部 5Gコア担当

- 経歴

- NTT研究所に入所し、SDNなどの将来網方式検討を経て、2020年にドコモに転籍
- 現在は5Gコアネットワーク開発に従事
 - 5G SA
 - ドコモMEC
 - すらいす

- モバイルむつきしすぎなんもわからん

- 今日のためにTSめっちゃ読み直した・・・

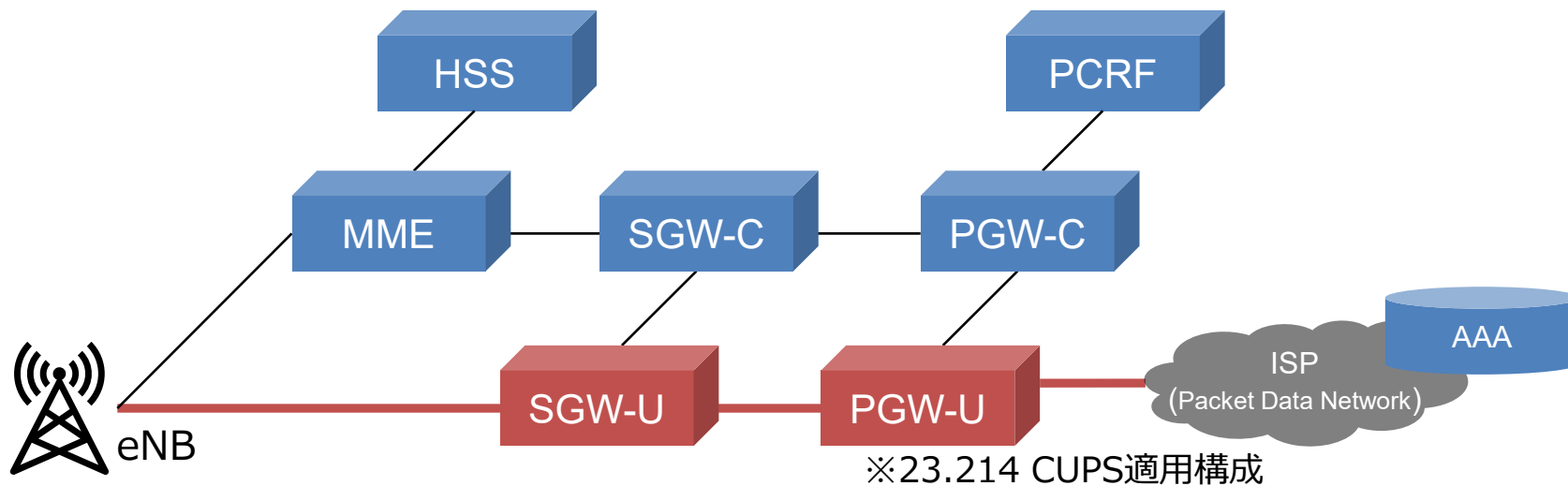


愛読書	3GPP TS 23.502 3GPP TS 29.244 3GPP TS 29.303 3GPP TS 29.516
口癖	Network Functionを増やすのをやめろ！
社内所属	IPv6教 3GPP標準原理主義集会
JANOG歴	41回から参加8回目 登壇(52, 53, 55, 56)

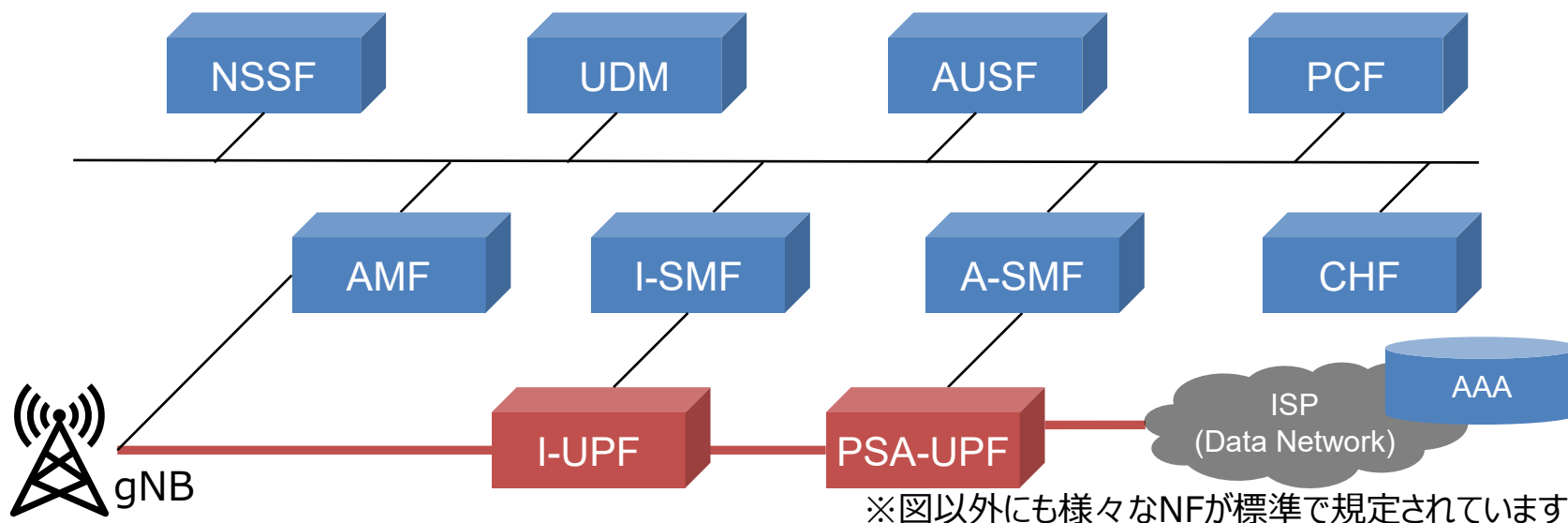
固定IP目線でみるモバイルNW概要

4G/5G概要

● 4Gの構成



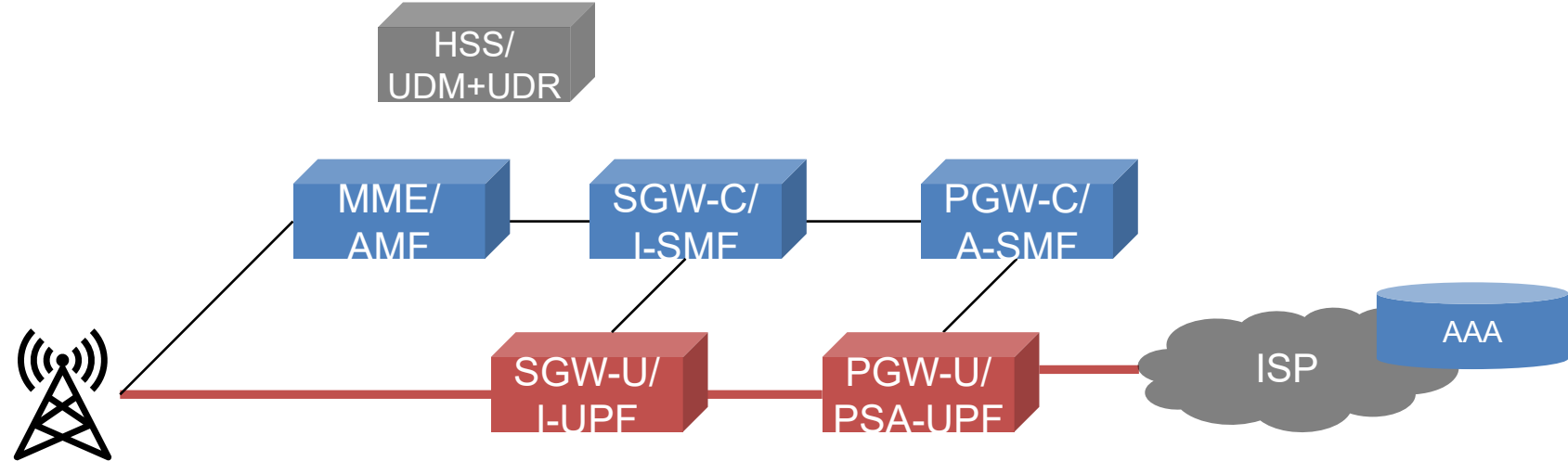
● 5Gの構成



4G/5G概要

- 本日の話題における登場人物

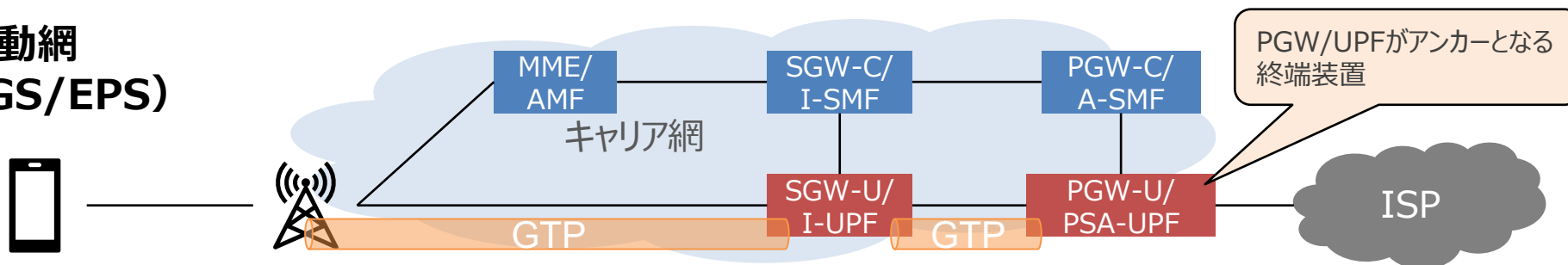
機能	4G	5G
加入者情報	HSS	UDM+UDR
移動管理	MME	AMF
中継(C-plane)	SGW-C	I-SMF
中継(U-plane)	SGW-U	I-UPF
アンカー(C-plane)	PGW-C	A-SMF
アンカー(U-plane)	PGW-U	PSA-UPF



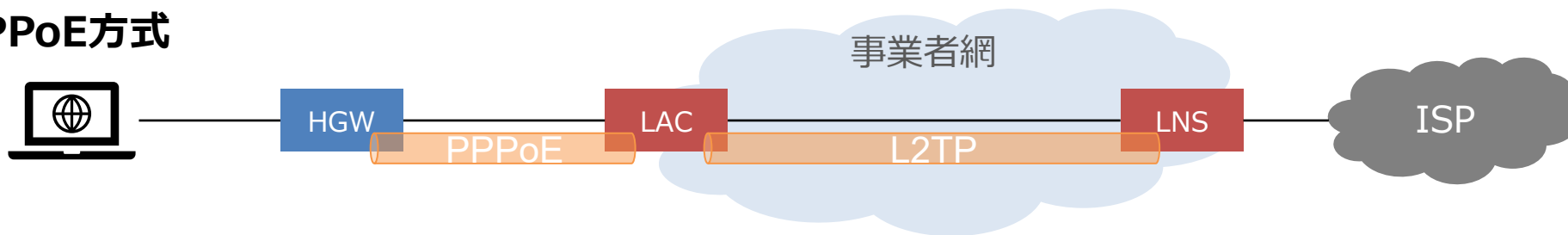
モバイルのトンネル構成

- モバイルでは基地局～SGW-U～PGW-Uで**トンネリング**される
 - きっと固定網のPPPoE IPv4に近いイメージ？

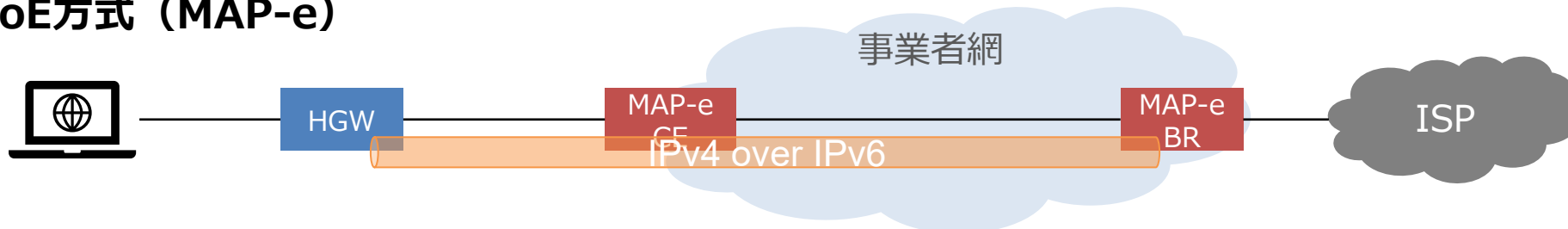
■ 移動網 (5GS/EPS)



■ 固定網 PPPoE方式

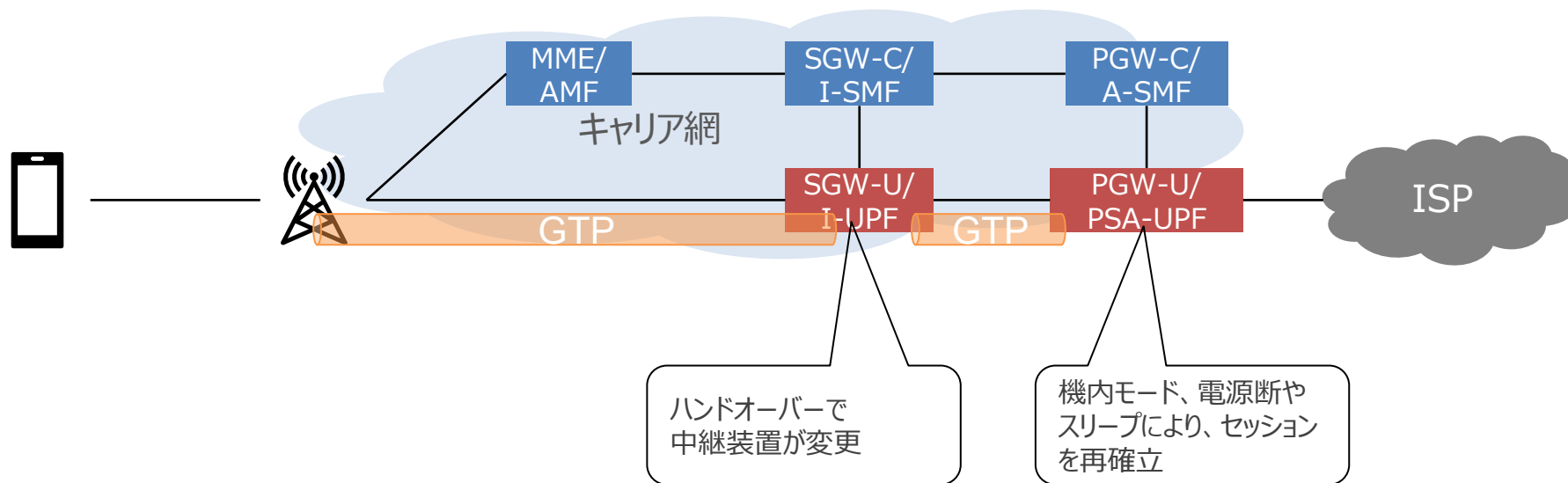


IPoE方式 (MAP-e)



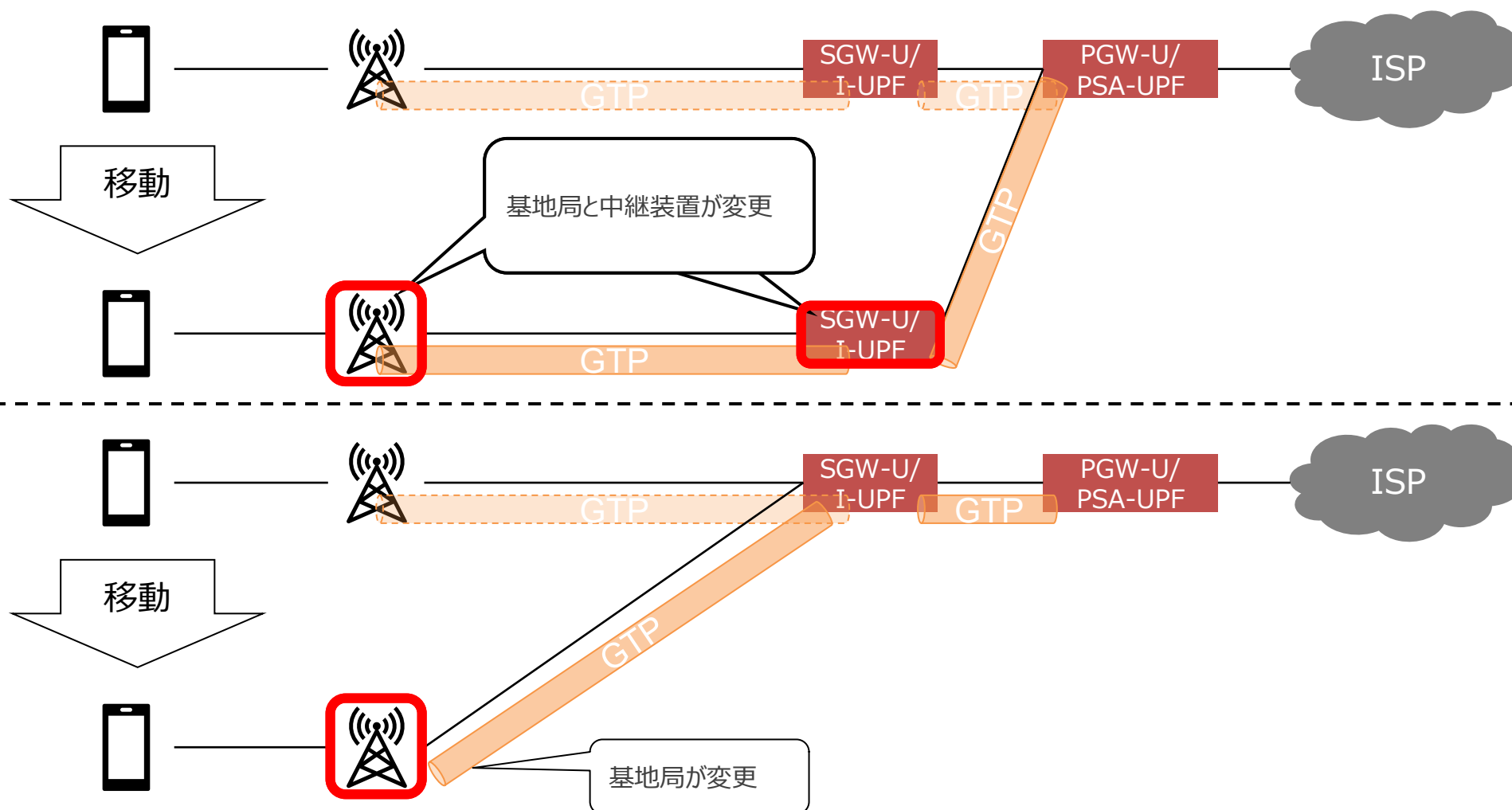
モバイルのトンネル構成

- 移動、機内モード、電源断やスリープ、装置故障などを契機に
トンネルの張り直しが発生



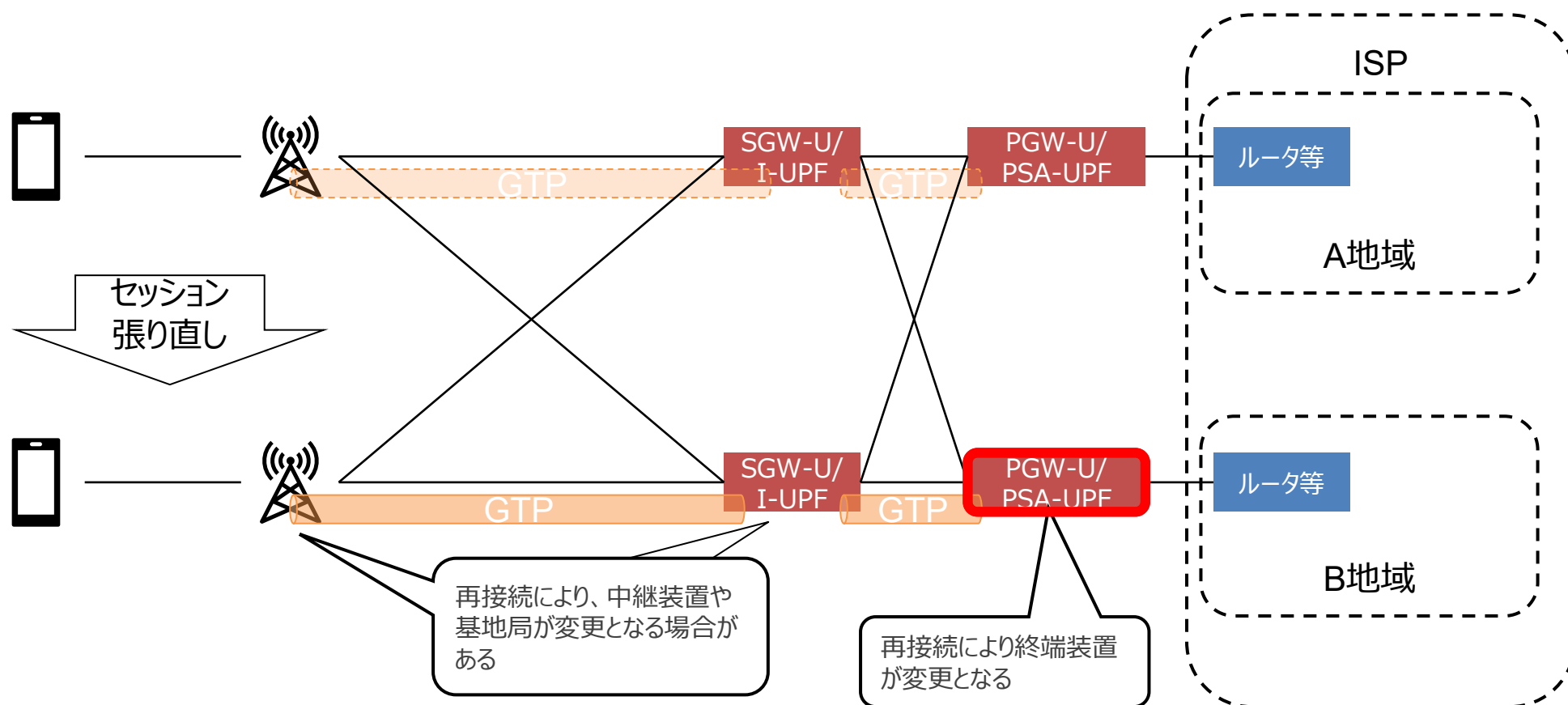
モバイルのトンネル構成

- 移動を契機に**基地局や中継装置**が変更になる
 - 移動契機のため高頻度で発生



モバイルのトンネル構成

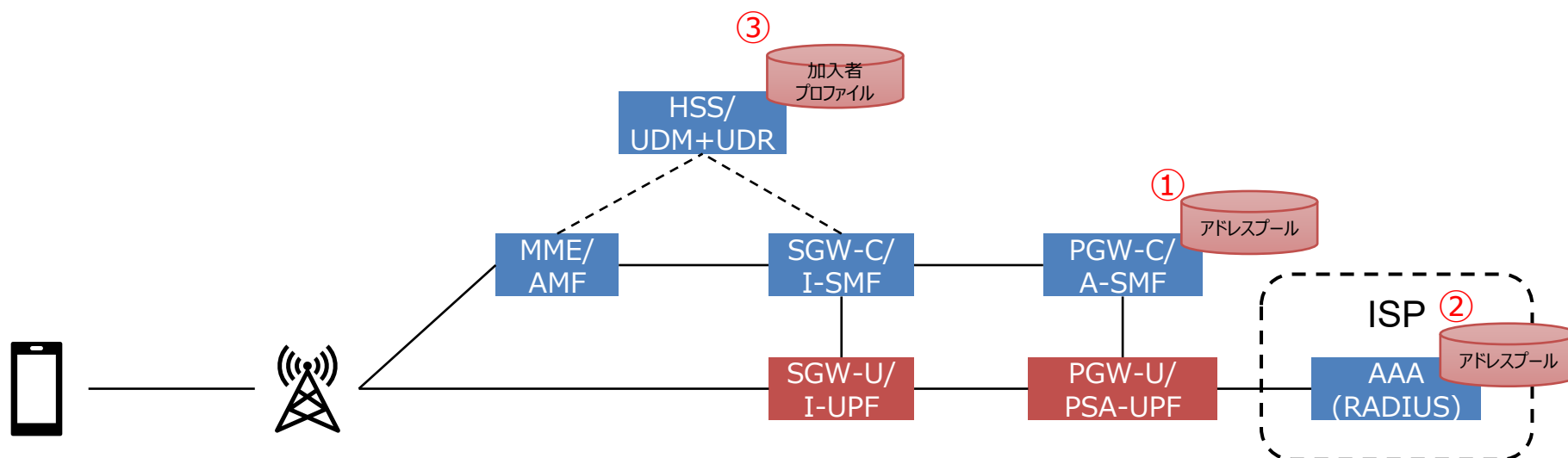
- 機内モード、電源断やスリープ、装置故障などを契機に再接続となった場合、**終端装置**が変更となる
 - 様々な要因で異なる終端装置が選択される（近傍選択、負荷分散、etc.）
 - 端末操作起因のため低頻度、1時間あたり収容端末の数～数十%



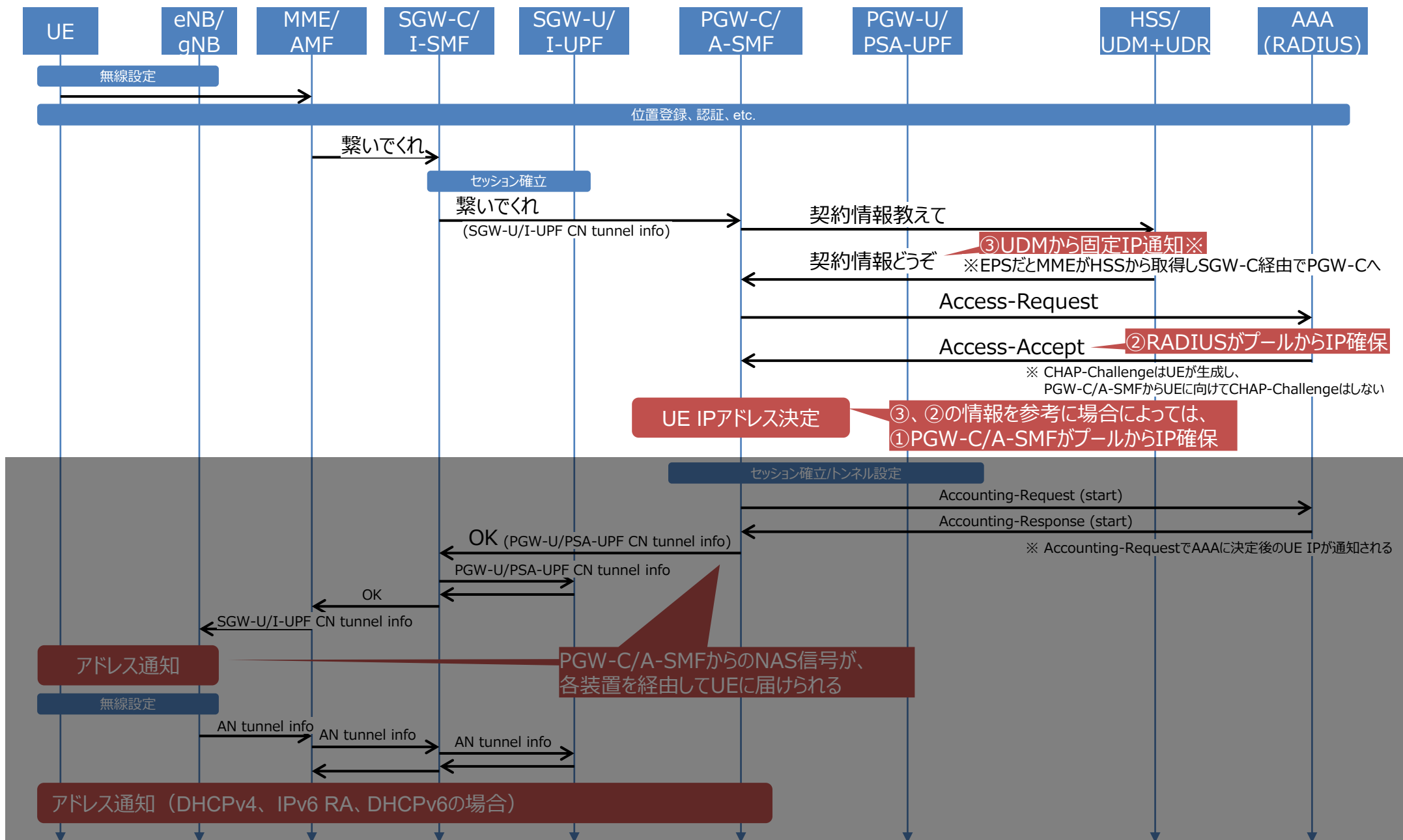
アドレス払い出し : アドレス確保

● アドレス確保は次のいずれかで実施

- ① PGW/SMFが内部にもつアドレスプールから確保
- ② PGW/SMFがISPのAAA(RADIUS等)に問い合わせ、AAAが内部に持つアドレスプールから確保
- ③ 加入者プロフィール(契約情報)への固定IP埋め込み

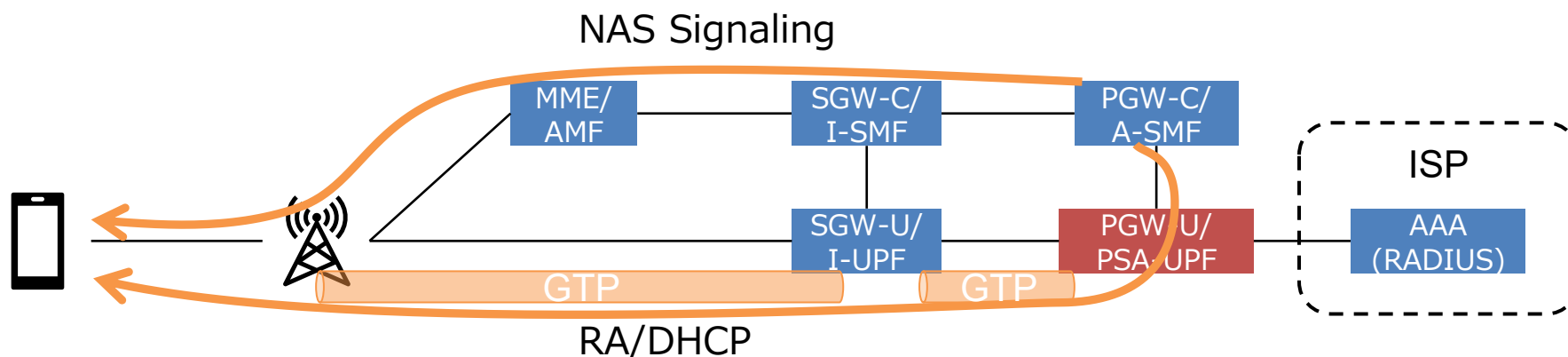


アドレス払い出し : アドレス確保

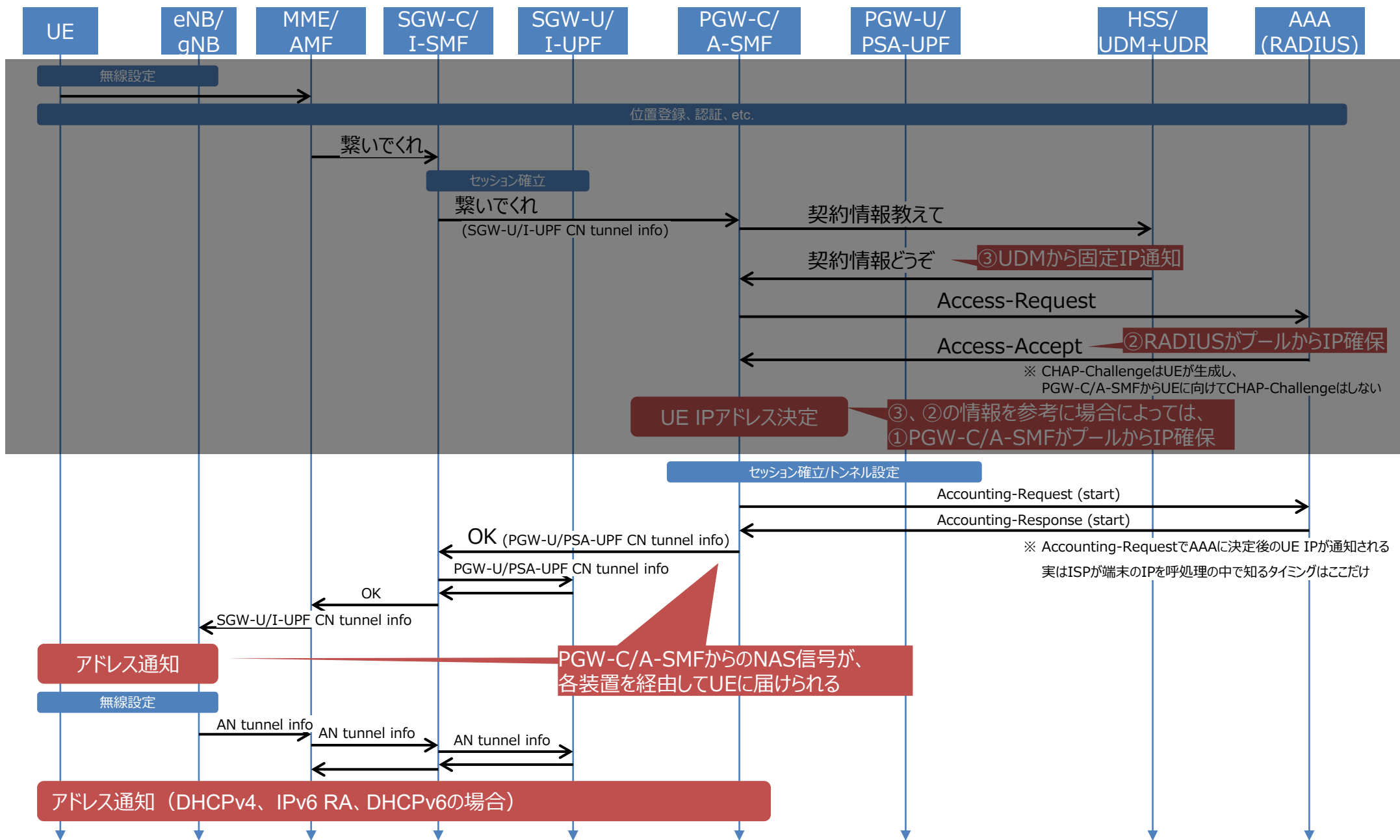


アドレス払い出し : アドレス通知

- PGW-C/SMFが確保されたアドレスを端末に通知する
- IPv4アドレス通知
 - NAS信号のPDN/PDU AddressやPCO/ePCOのIPCPで通知
 - NAS信号はコアNWと端末間の制御信号
 - PPPのIPCPとはちょっと違う
 - DHCPv4で通知
- IPv6アドレス通知
 - NAS信号のPDN/PDU AddressでIPv6 LinkLocal用のinterface identifierを通知
 - RAやDHCPv6でIPv6 GUAを/64で通知

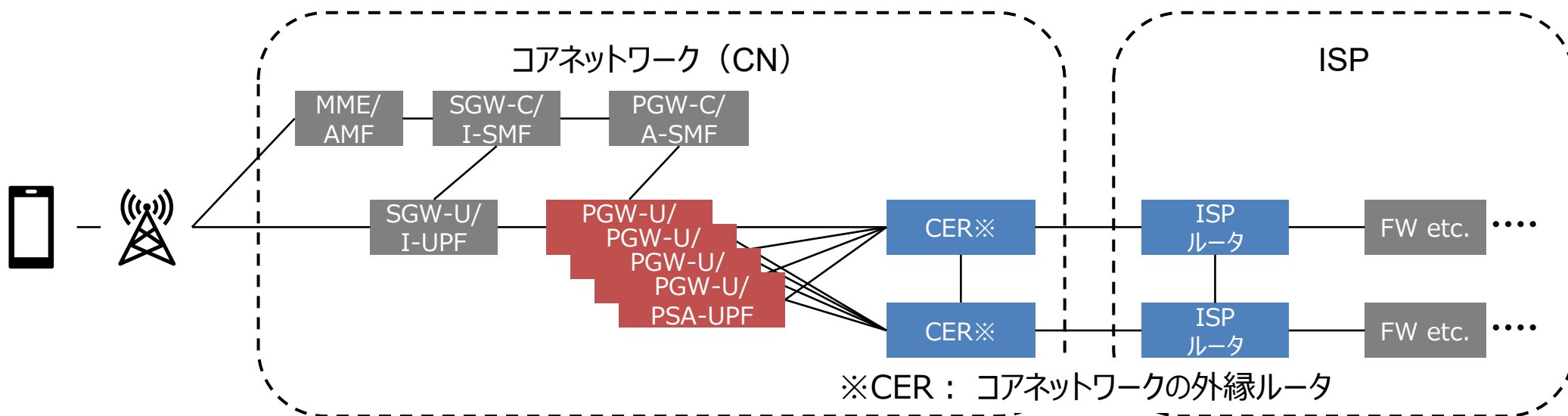


アドレス払い出し : アドレス通知



ISPとの接続点

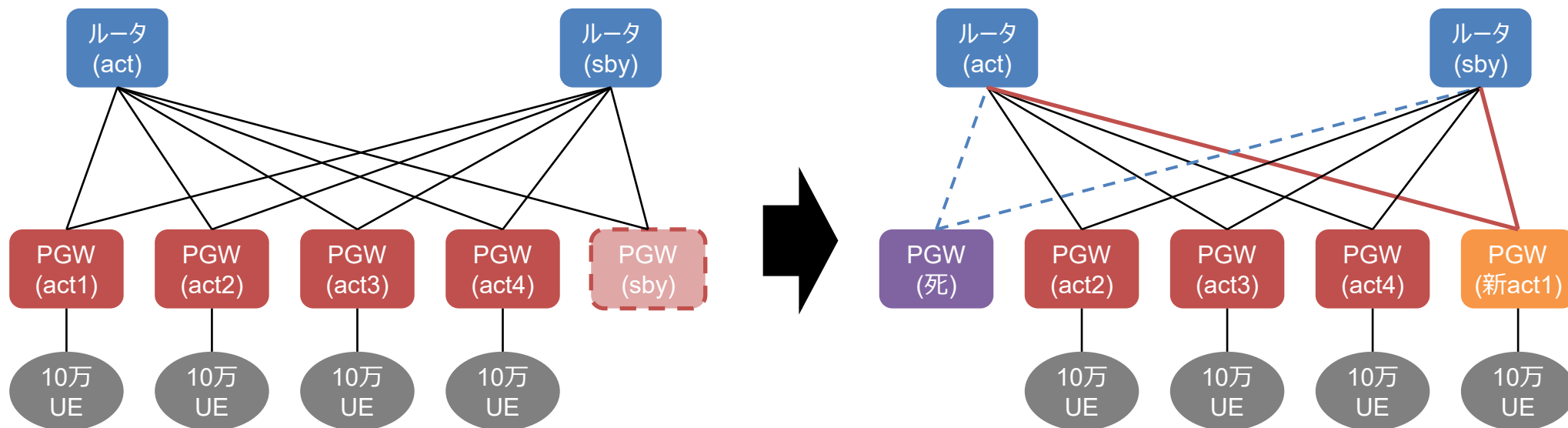
- 複数のPGW-U/UPFをルータで束ねる構成
 - 一般的にはPGW/UPFは、ルータに比べて1装置あたりの収容ユーザ数が少ない
 - 1RUあたり10～100万加入者など。加入者単位のパケット処理のため。
 - 収容関係は、冗長度や某務省報告閾値など、多数の観点から考慮して設計
- PGW-U/UPF～ルータ間の冗長方式はオペレータ依存かつ実装まかせ
 - VRRPやルーティングプロトコルなど
 - ルーティングプロトコルの性能はルータに比べて低いイメージ



図はコアNW外縁ルータとISPルータは分離した例、実際は設計依存

ISPとの接続点：ローカル冗長

- 取りうる手法はPGW-U/UPFの実装依存
 - IP/MAC引き継ぎ
 - 切り替わるだけでISPルータに染み出ない
 - 制約が多い（PGWと端末は固定的なペアになるなど）
 - ルーティングプロトコル
 - 切替時に経路が揺れる
 - 十分集約できていれば良いが細切れだと結構大変
- 例：act1のPGWが死んでsbyのPGWに10万UEがごそっと動く



全国規模の地理的冗長

- 通常は近い装置が選択される
- 近い装置が使えないときは、近くない装置も選択される

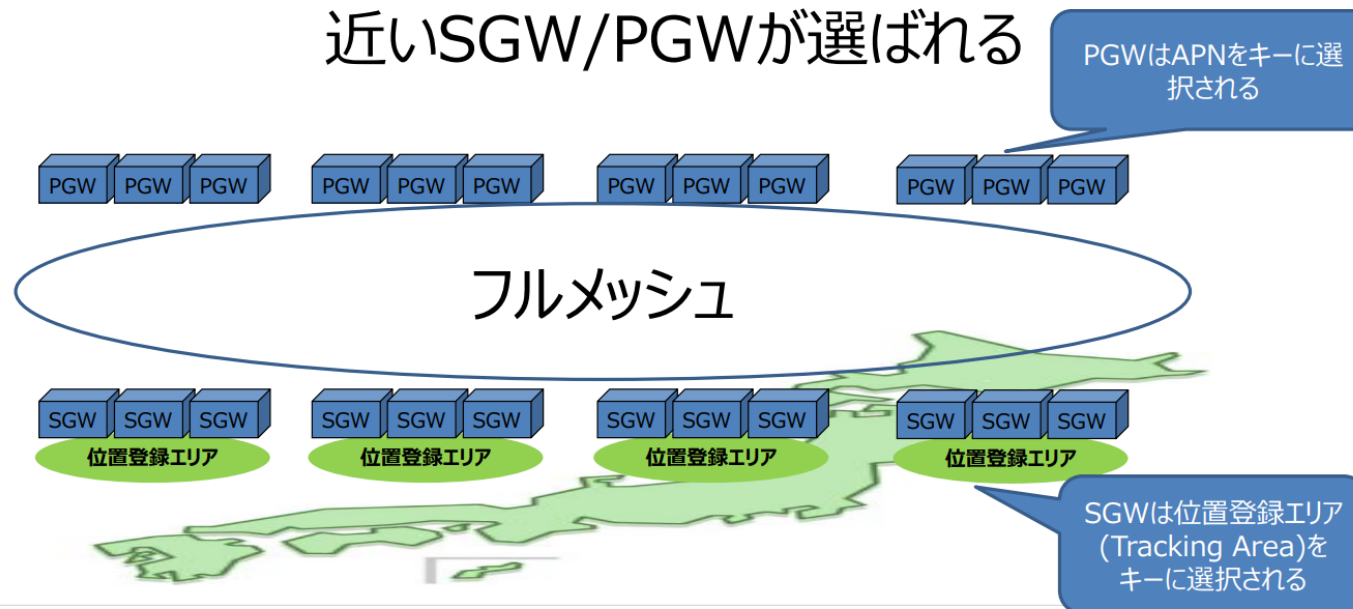
ドコモのIPv6対応：SPモードで不思議な接続になる理由



位置的に(topologically)近い選択とは

→SGW/PGWの選択はそれぞれ個別に行われるが

近いSGW/PGWが選ばれる

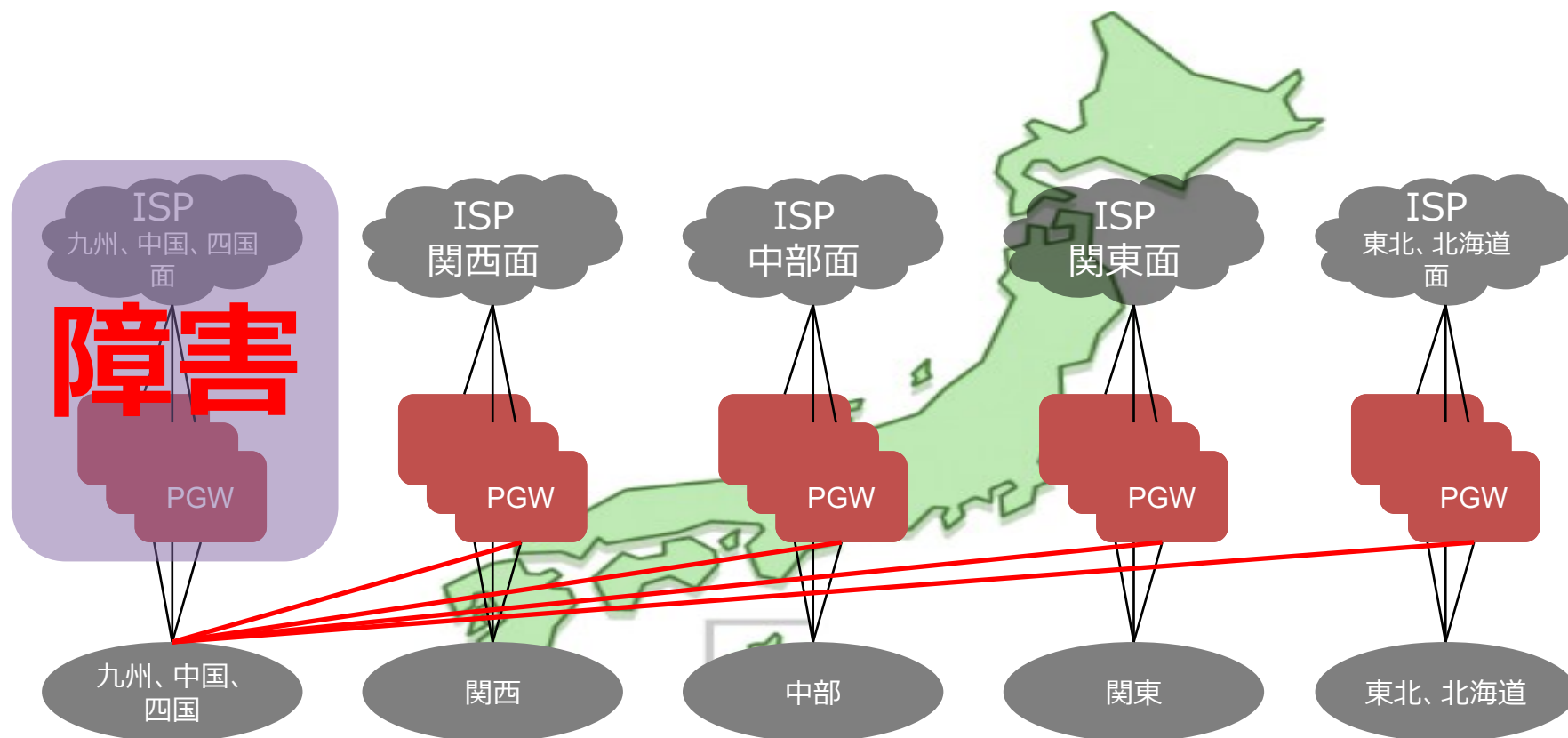


©2021 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved.

SGW : Serving GateWay 14

全国規模の地理的冗長

- ある地域のISPが死んだらどうなる？
 - 当該地域の端末は、近くのPGW/UPFを選択できなくなる
 - 別地域のPGWを選択する
 - 九州ISPの固定IPが北海道ISPから出ていく・・・？？？



マス向けの固定IPアドレスの可能性

マス向けのIPv4アドレス

● IPv4の場合

- そもそもグローバルアドレス足りないですね
- なので、基本的にはプライベートアドレス

プライベート クラスA

10.0.0.0/8 : 約1600万

/8でもそもそも足りない



 Countries Report

 **AS9605 NTT DOCOMO, INC.**
DOCOMO

IPv4 Addresses: 2,569,728 Number of Peers: 25

ASN
Prefixes
Peers
Upstreams
Graphs
World Map
Raw Whois
IX

AS9605 Summary

REGIONAL REGISTRY: IANA
ALLOCATION STATUS: Assigned

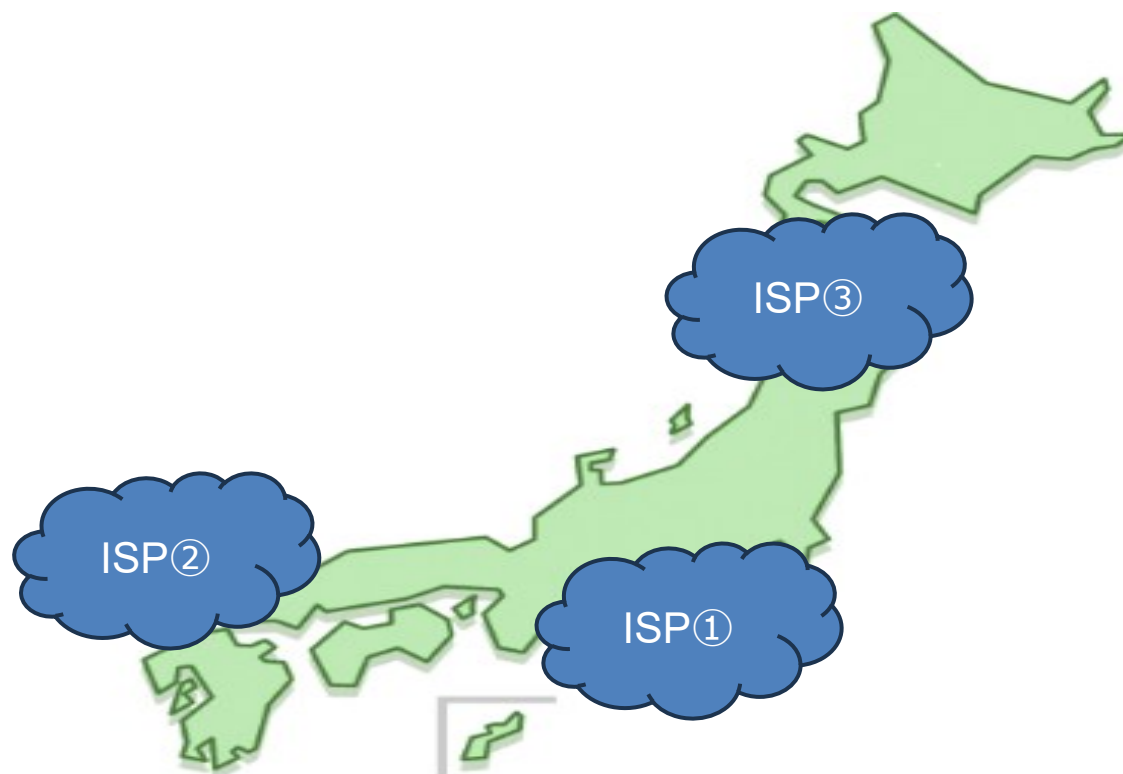
なので、10.0.0.0/8の空間が複数必要！

マス向けの網構成(IPv4)

- ISPの設備が複数必要に。。

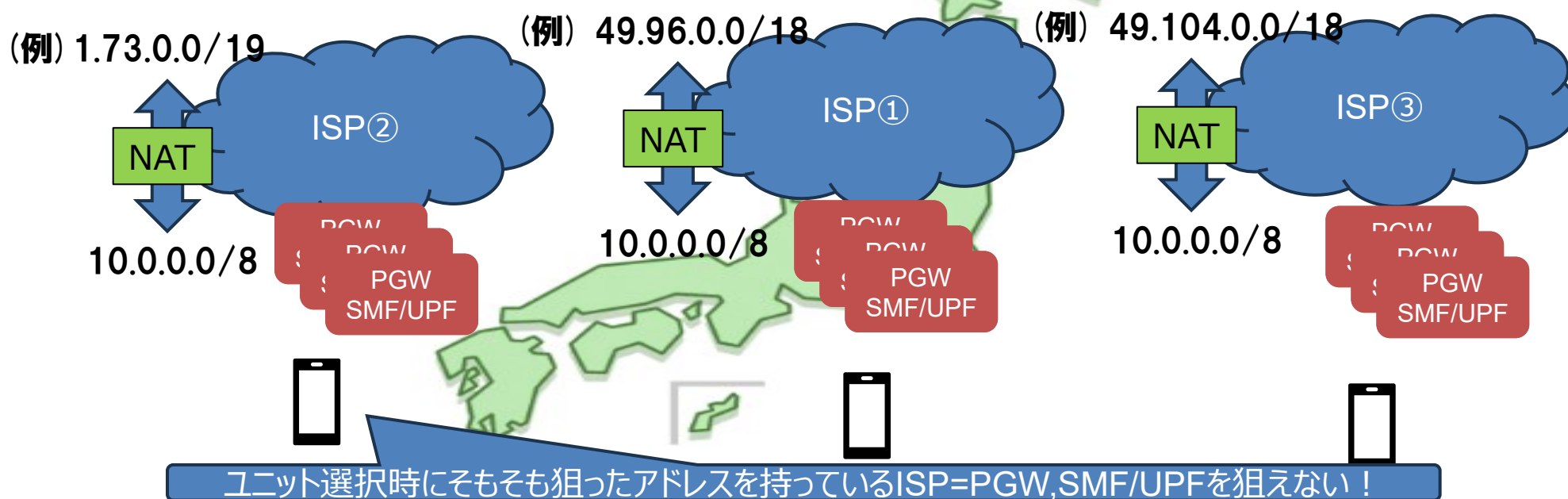
→ これがv6ss化のモチベーションです。

[IPv6アドレス利用拡大に向けたドコモの取り組み – JANOG48 Meeting](#)



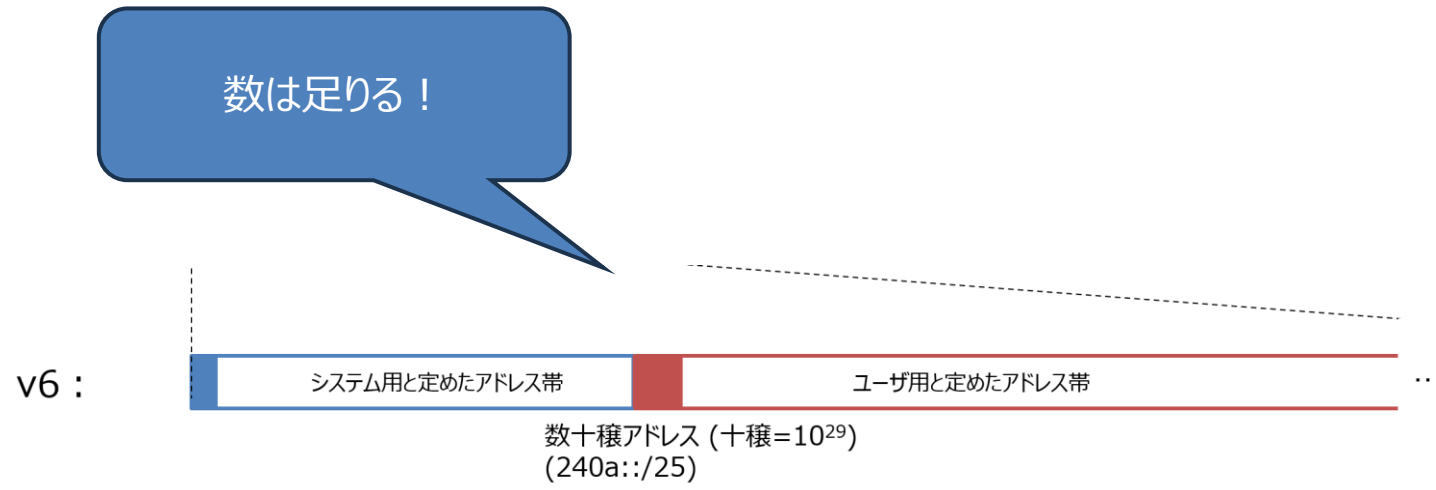
マス向けの網構成と固定IPの可能性(IPv4)

- ISPでNATを実施
 - プライベート10.0.0.0/8からグローバルアドレスへ
- ISP毎に異なるグローバルアドレスレンジ
- 同じAPN/DNNだとどこにつながるかわからない？

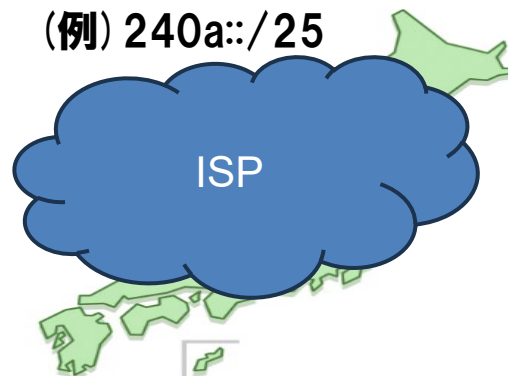


マス向けのIPv6アドレス

- IPv6の場合

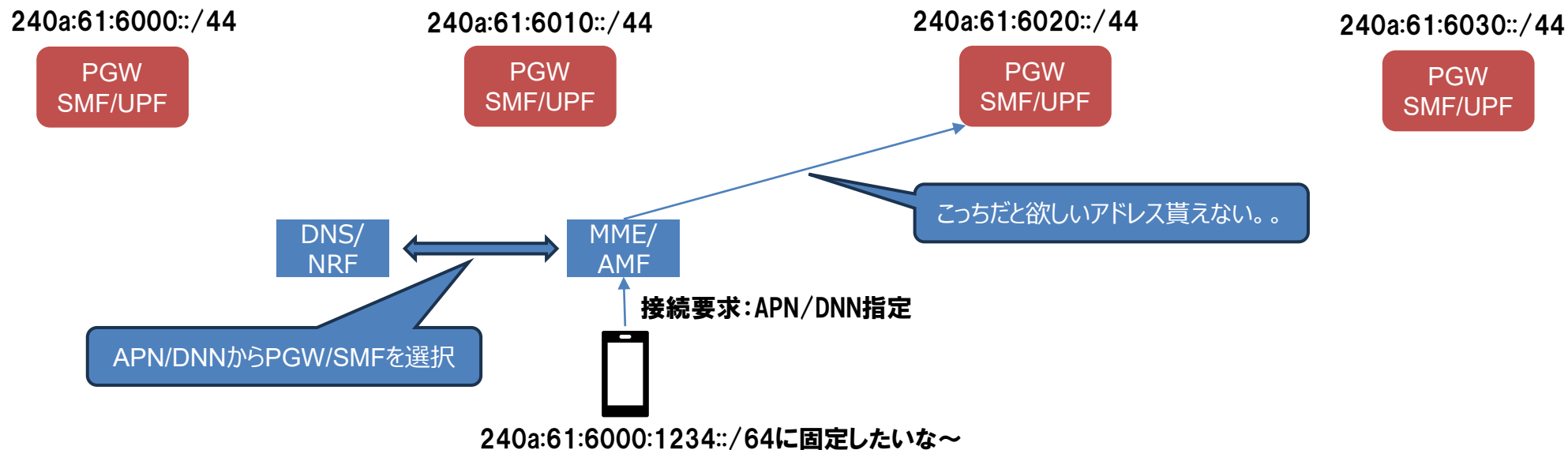


じゃあ、固定IPできるのか？？



IPアドレスプールとユニット選択

- ISPが1つだけならできる？
- PGW, SMF/UPF毎にIPアドレスプールを持つので結局自分のアドレスを持っているユニットをどう選ぶんだという問題はある。。



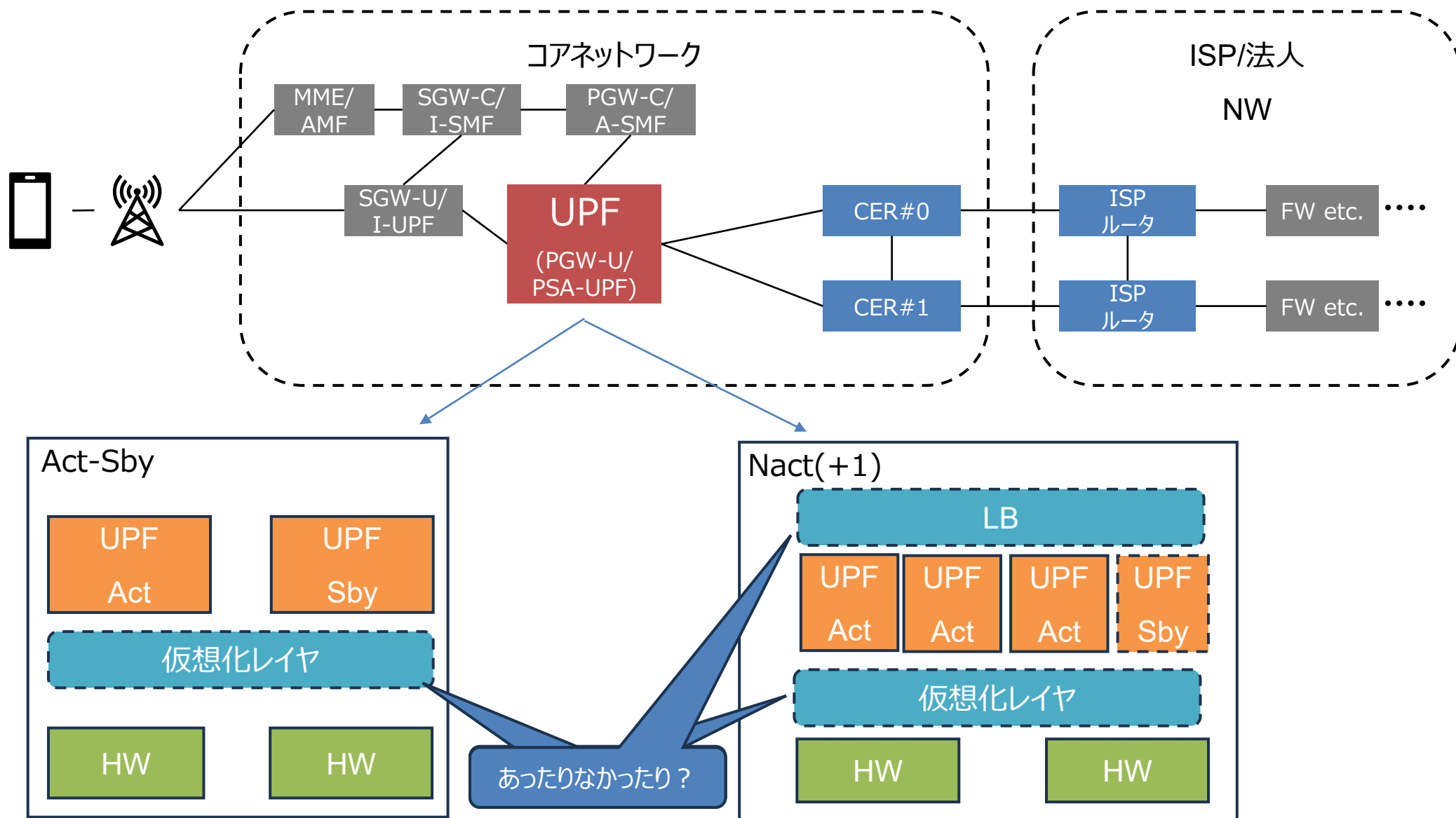
マス向けの網構成と固定IPの可能性

- 全員を固定するのは結構難しい
- やるなら、設備数を限定して実施
Or
- 特定の設備を狙う工夫(APN変えるとか)が必要
- 一応考察しましたが、マス向けで固定ってあまり需要ないですよね？？

固定IPアドレスと冗長構成

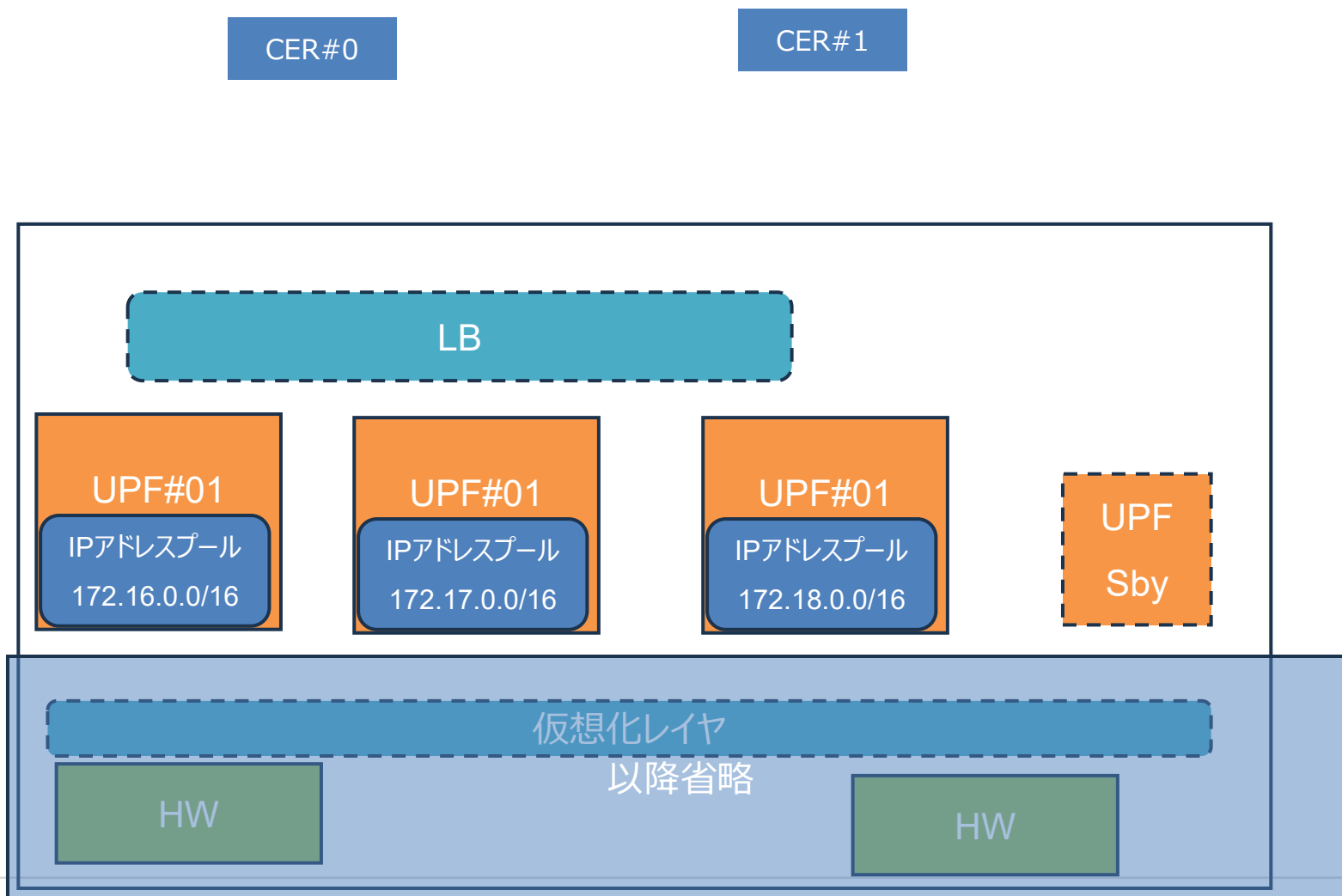
ISP/法人向けの網構成の例？

● 網構成例を記載



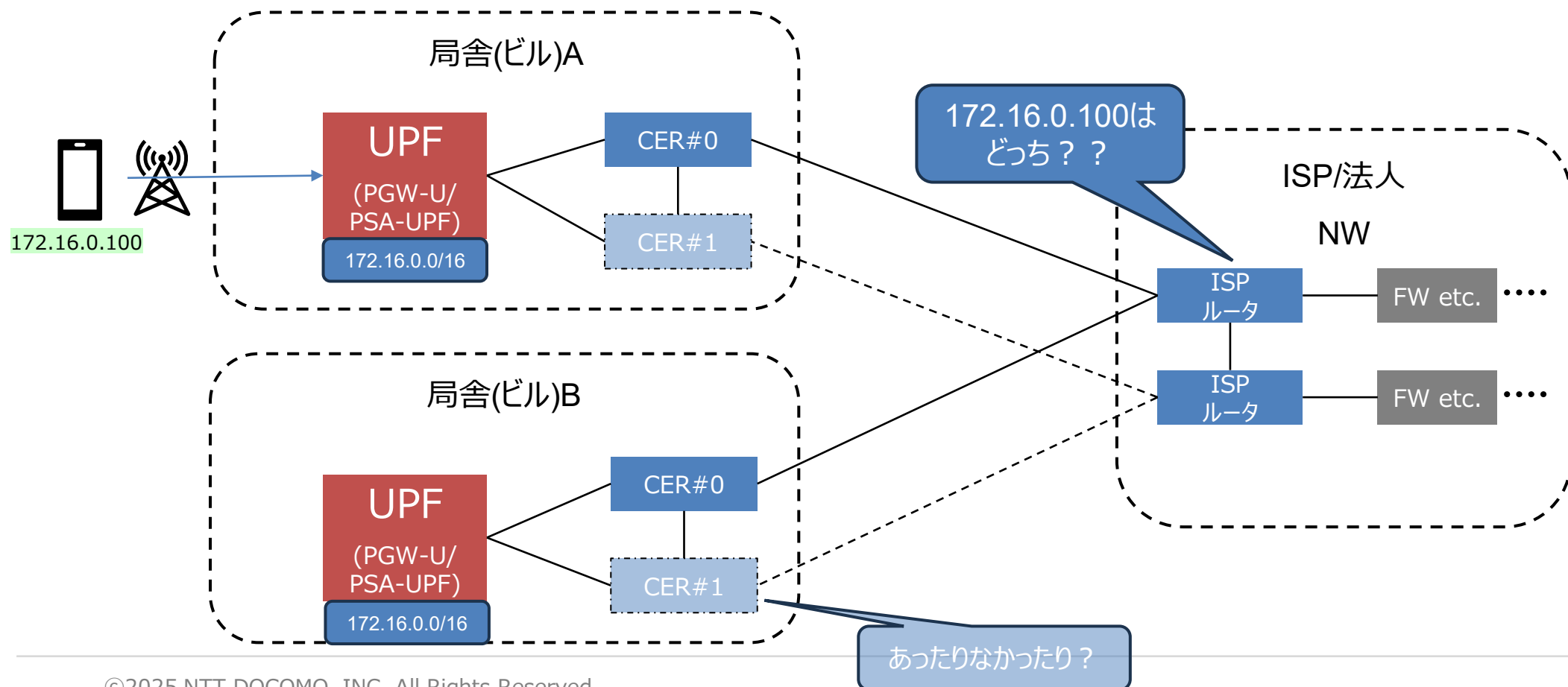
冗長構成と固定IP

- IPアドレスはどのようにもってるか？



更なる冗長構成(拠点冗長)と固定IP

- 更なる冗長構成(=ビル間での冗長?)をとりたいという話を聞くけど(ホント??)
- けど、この時固定IPってどうするの??
- 下りパケットのルーティングが不可能に!



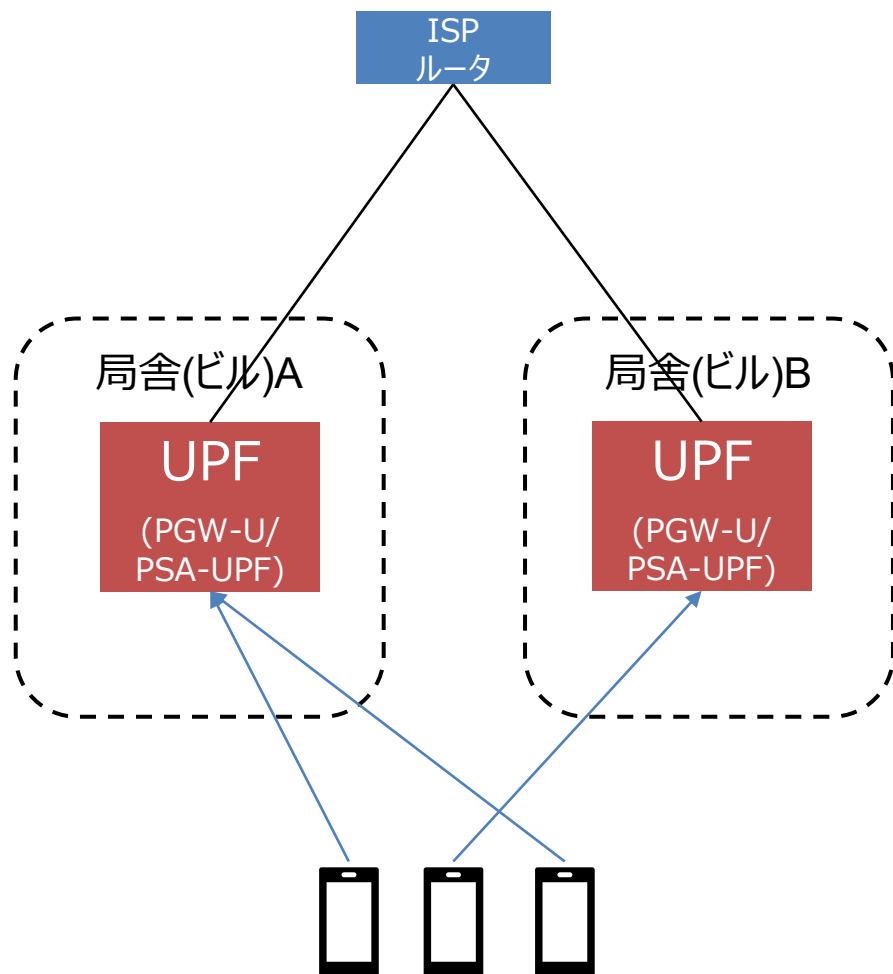
- 拠点間？冗長構成なしの固定IPならなんとかなる
 - 拠点内ではHW冗長、装置冗長などは十分あり
- しかし、拠点間で冗長構成を確保しつつの固定IPをするためには課題がある

- 固定IPが必須とサービス部門からよくいわれる。。
- 他のオペレータできるけど、ドコモだけできない(できなかった)らしい。。

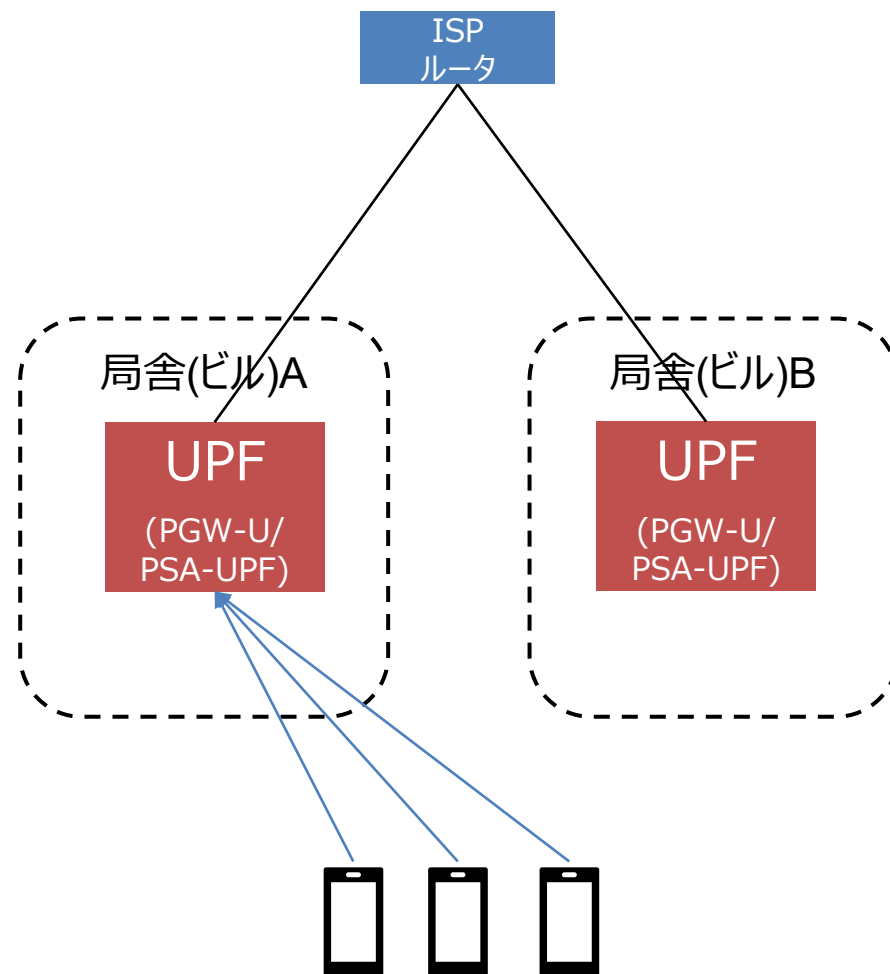
拠点冗長の構成案

- 冗長構成をとる場合に、Act-Act構成とAct-Sby構成

Act-Act構成



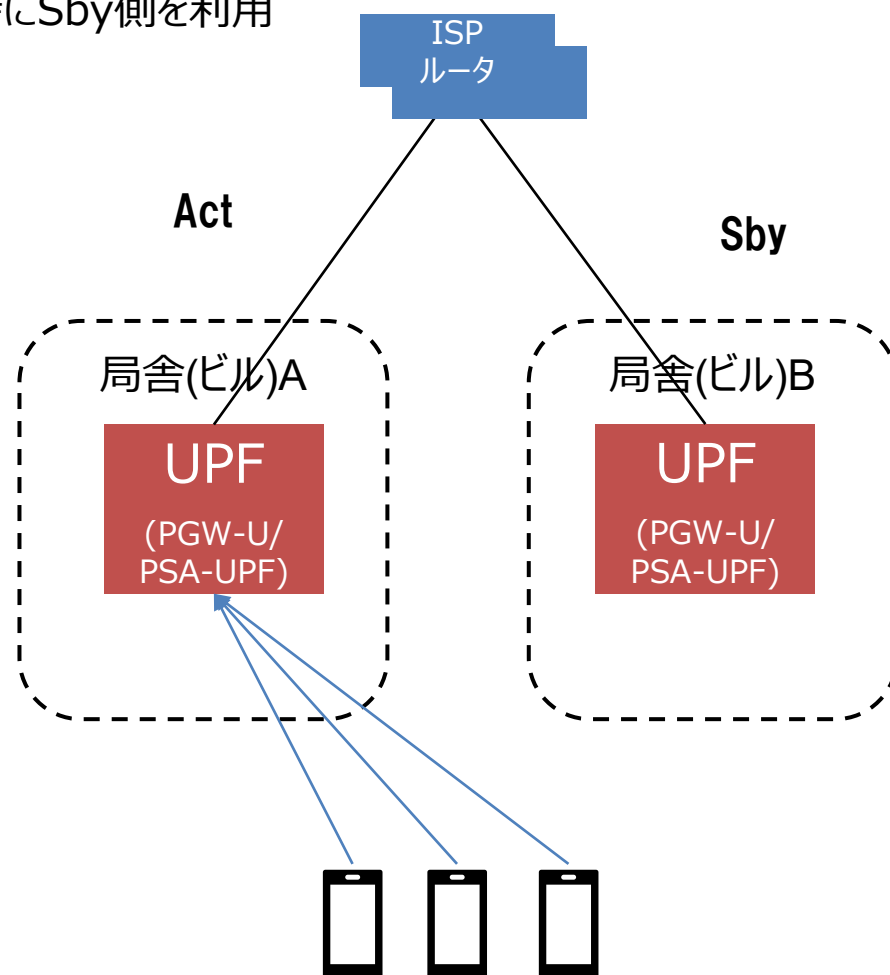
Act-Sby構成



Act-Sby構成案 前提条件

● Act-Sby構成案 前提条件

- ・通常時は片側のUPFを利用
- ・Act側が障害時にSby側を利用

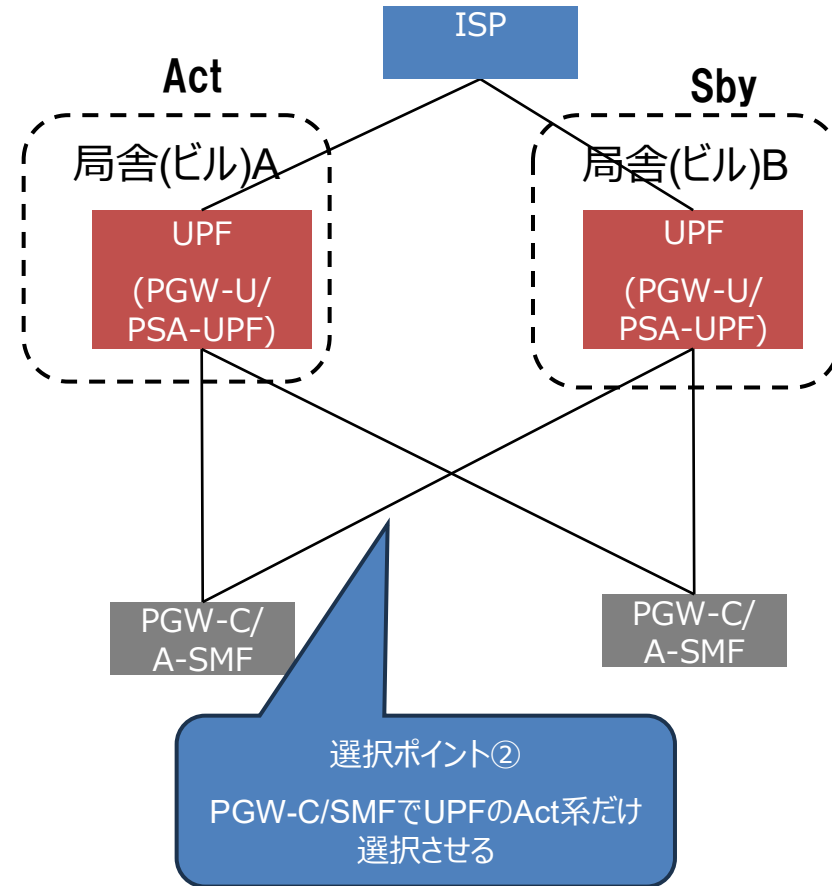
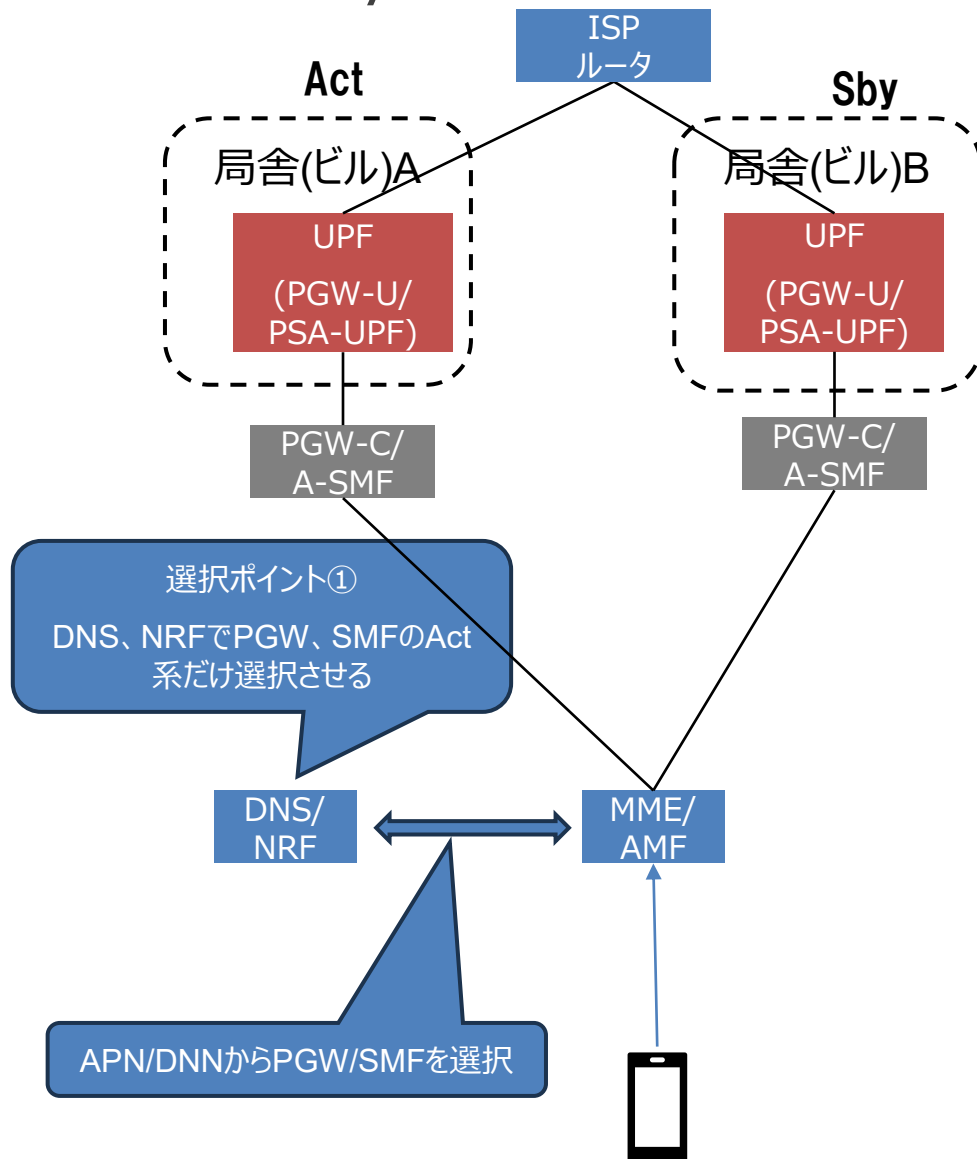


ポイント

- ★障害の検出方法、切り替え方法
- ★障害復旧時の対応？

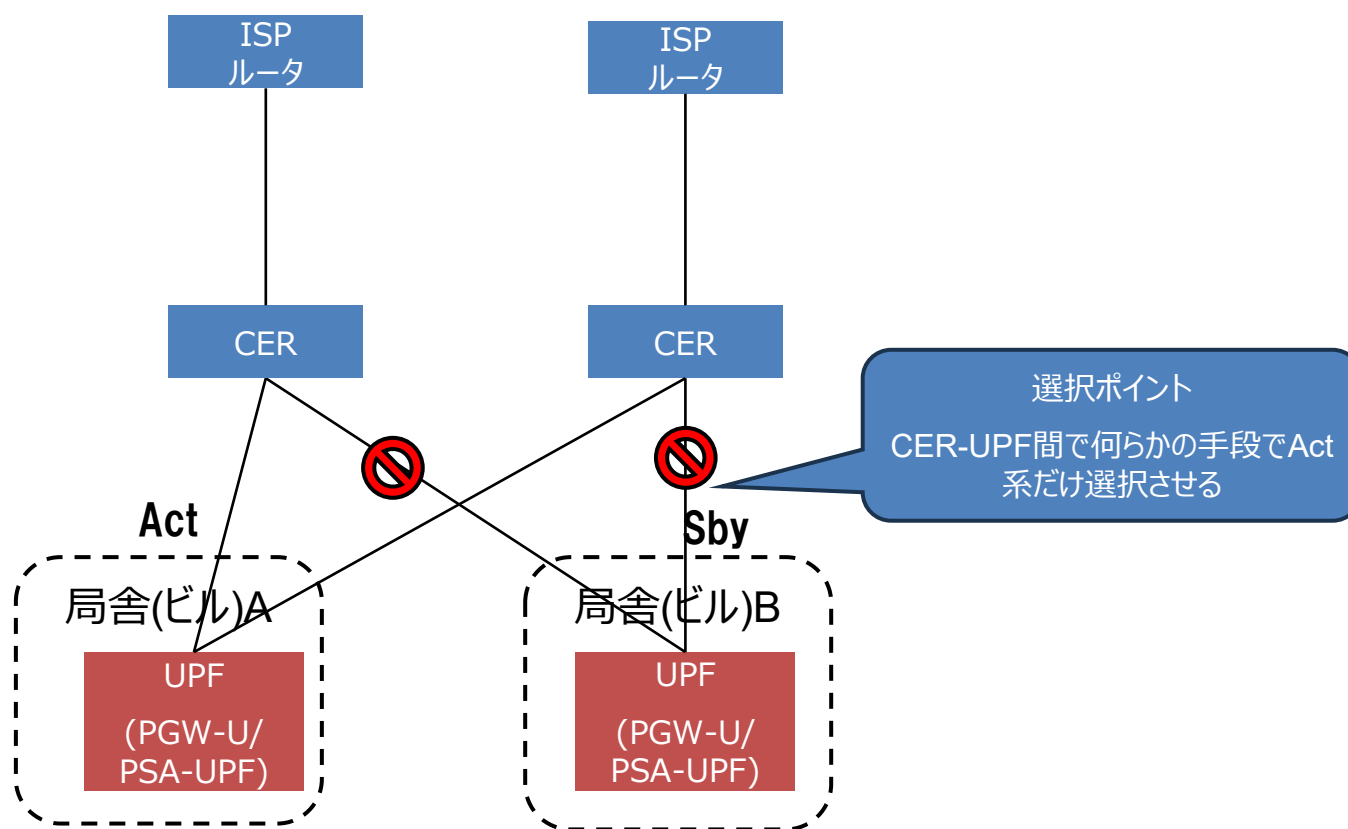
Act-Sby構成実現案1

● Act-Sby構成実現案1 手動切替



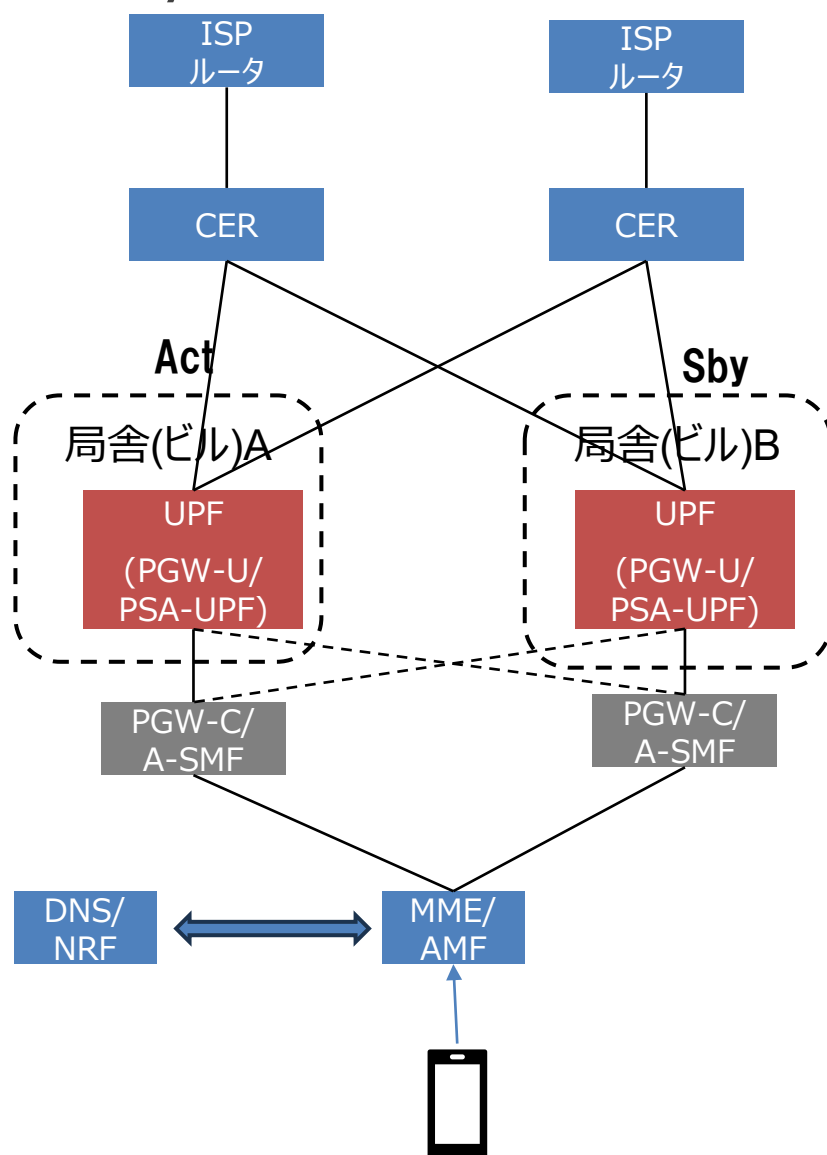
Act-Sby構成実現案1

- Act-Sby構成実現案1 手動切替(下り)



Act-Sby構成実現案2

● Act-Sby構成実現案2 自動切替



システムへの作りこみによる自動化
外部ツールなどでの自動化

考慮ポイント

★障害の検出方法

- ・UPF障害
- ・CER障害
- ・ISPルータ障害
- ・経路障害

～UPF、UPF～CER、CER～ISPルータ

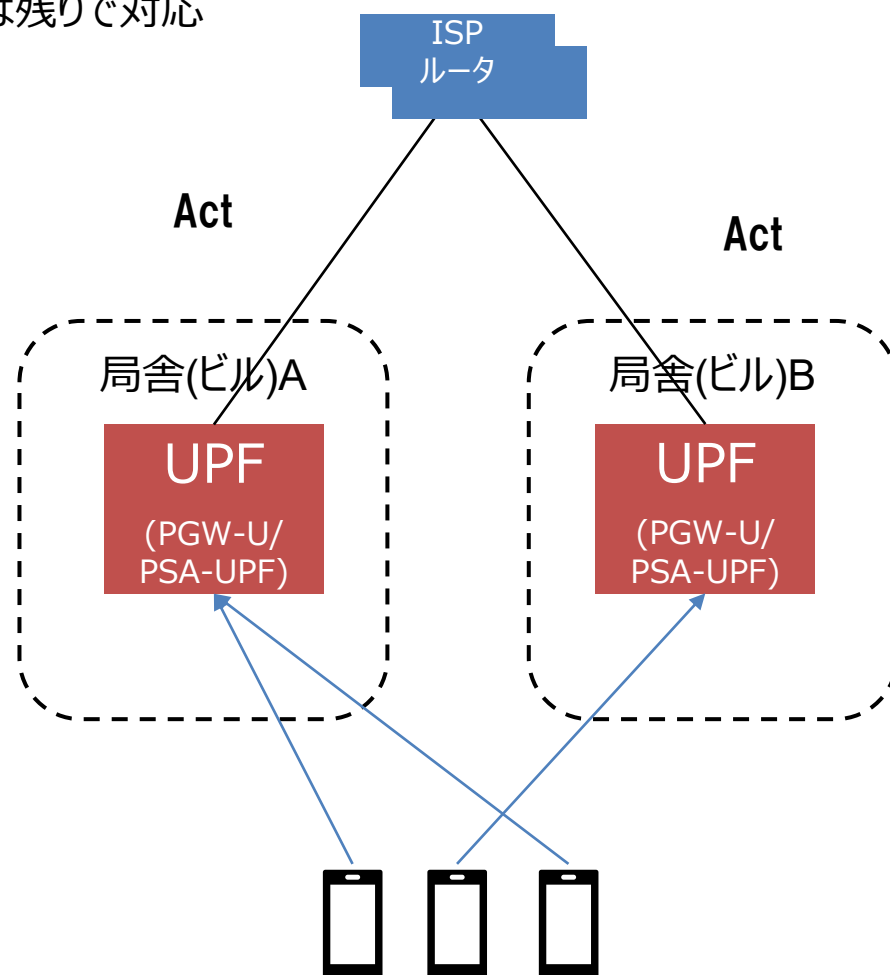
★切り替え方法

- ・DNS/NRFへの登録
- ・ルーティングプロトコル使ったり
- ・ユニット間でトンネル張って移す？

Act-Act構成

● Act-Act構成案 前提条件

- どちらのUPFも利用
- 片側障害時には残りで対応

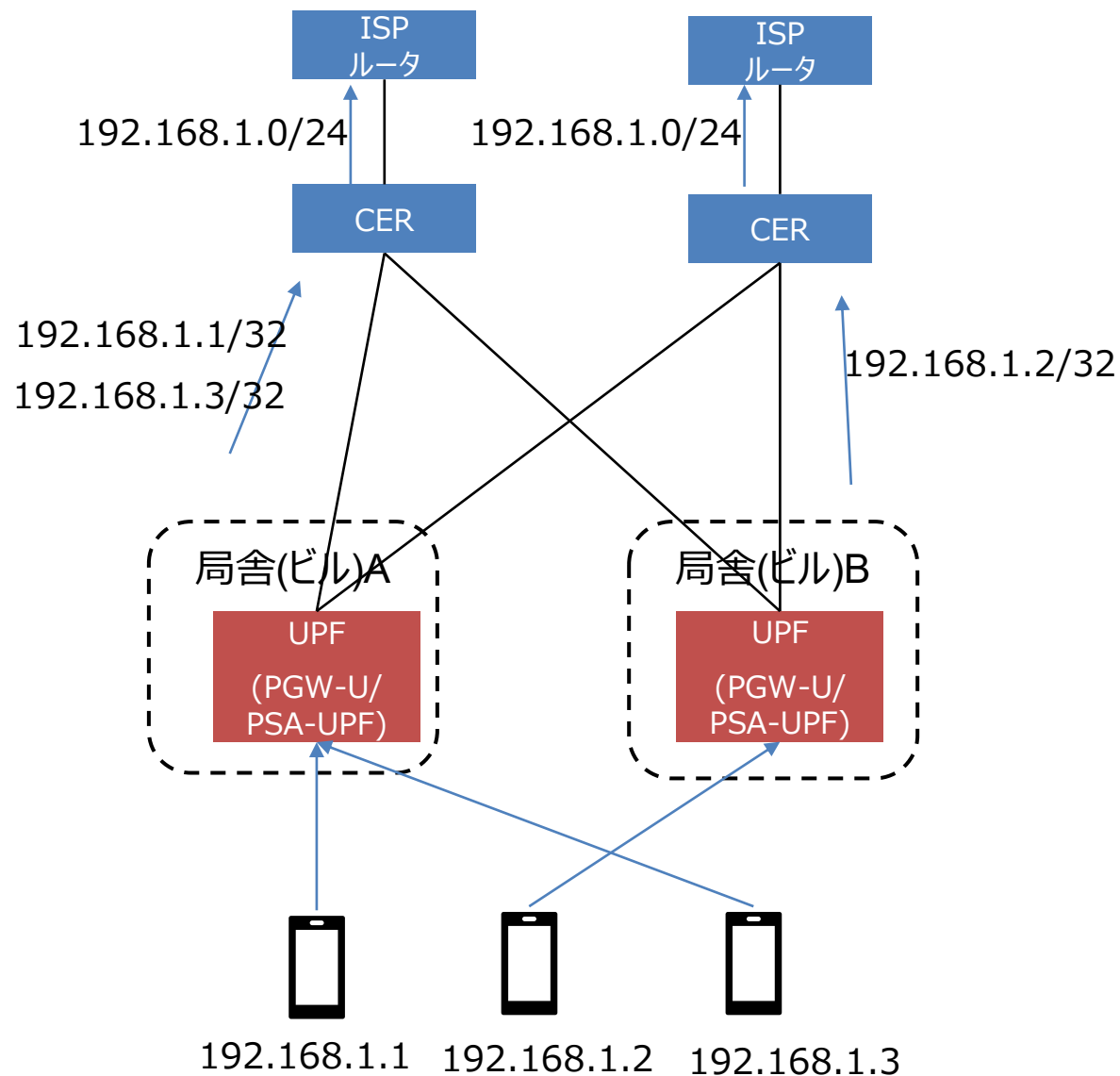


ポイント

★ 下りパケットを収容しているUPFへどうやって転送するか

Act-Act構成実現案

● Act-Act構成実現案1 eBGP方式



● 実現案

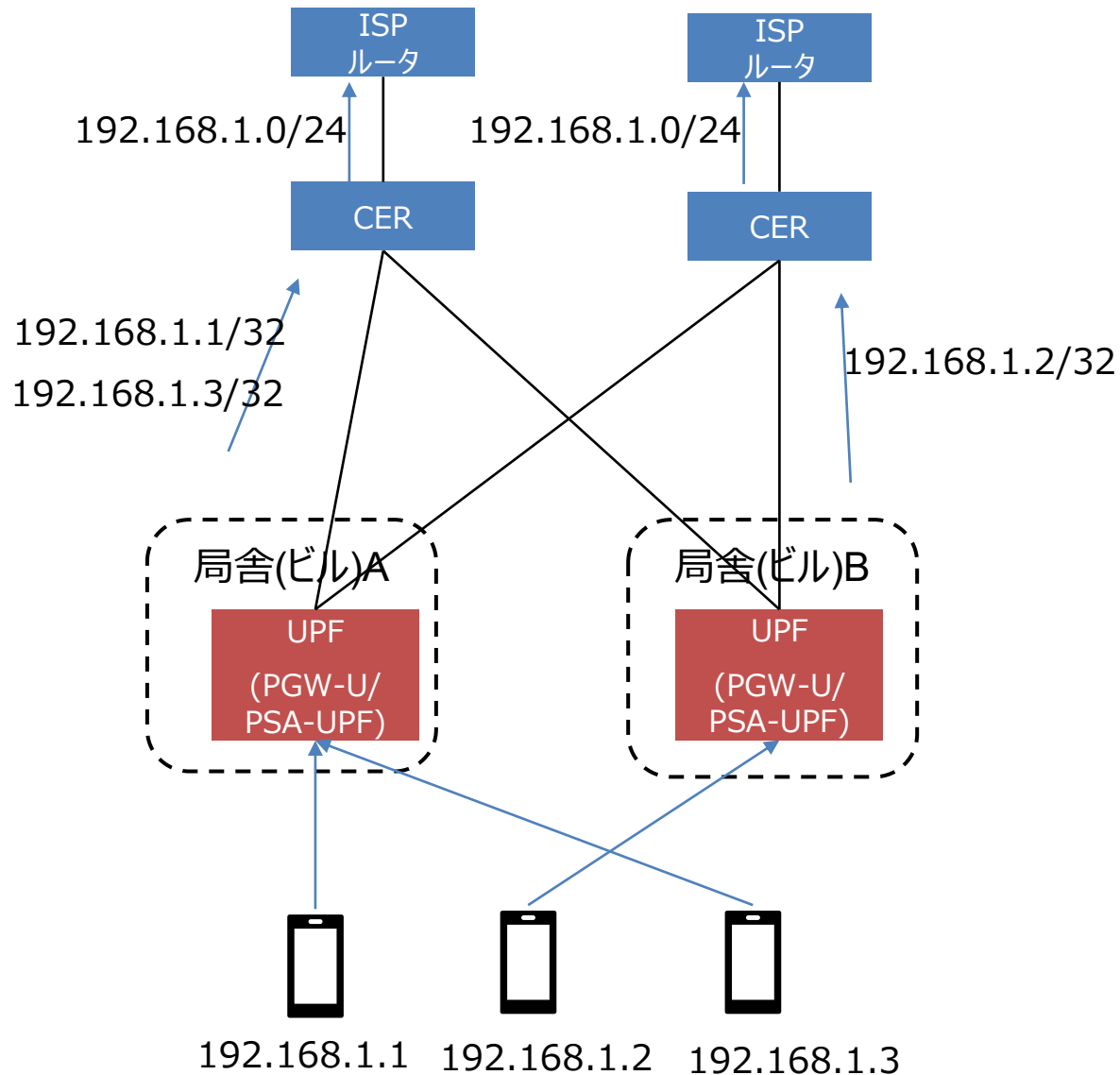
- ・呼接続時に、接続先UPFから、該当移動機アドレスの情報をCERへ送信
- ・呼切断時に、接続先UPFから、該当移動機アドレスを削除

● 制限事項

- ・CERが保持できるルーティングエントリ数が運用上の同時接続数の上限
- ・UPF側の性能によっても上限あり

Act-Act構成実現案2

● Act-Act構成実現案2 OSPF方式



● 実現案

- ・呼接続時に、接続先UPFから、該当移動機アドレスの情報をCERへ送信
- ・呼切断時に、接続先UPFから、該当移動機アドレスを削除

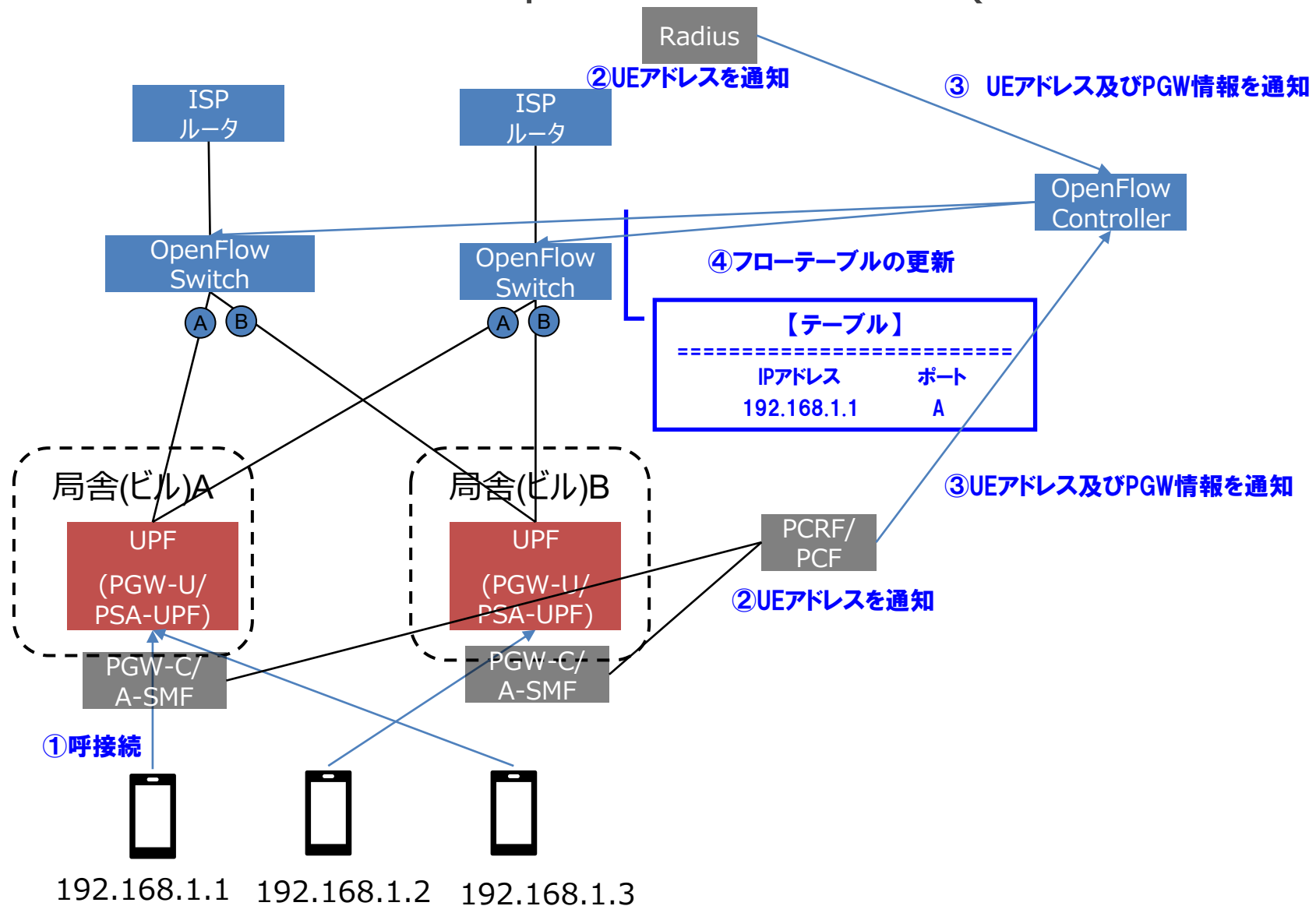
● 制限事項

- ・CERが保持できるルーティングエントリ数が運用上の同時接続数の上限
- ・UPF側の性能によっても上限あり

正気の沙汰ではない by okd

Act-Act構成実現案3

● Act-Act構成実現案3 OpenFlowによる対応(201x年前半の遺産)



各案の比較

● 各案の性能比較

	Act-Sby案1 手動	Act-Sby案2 自動	Act-Act案1 eBGP	Act-Act案2 OSPF	Act-Act案1 OpenFlow	その他
機能追加ポイント	なし？	外部ツール等との連携 あと、方式により多々あり	UPF	UPF	PCRF/PCF or Radius	次スライド
ルータに必要な機能	ルーティングプロトコル	ルーティングプロトコル	eBGP	OSPF	OpenFlow機能	
最大同時接続数への制約	UPFの1ユニットでの収容数が制限となる？	同左	UPFを複数並べればその分だけユーザ数は入れられる ルータの性能限界まで行けるのでは？	スケールしない	そもそもOpenFlowだと性能が出なかった	
その他の制約事項・懸念点	切替時に全ユーザの一斉呼切断を伴う	同左	一斉接続時などにルータが負荷に耐えられるか。	そもそも無理？？	過去の遺産なので。。。	

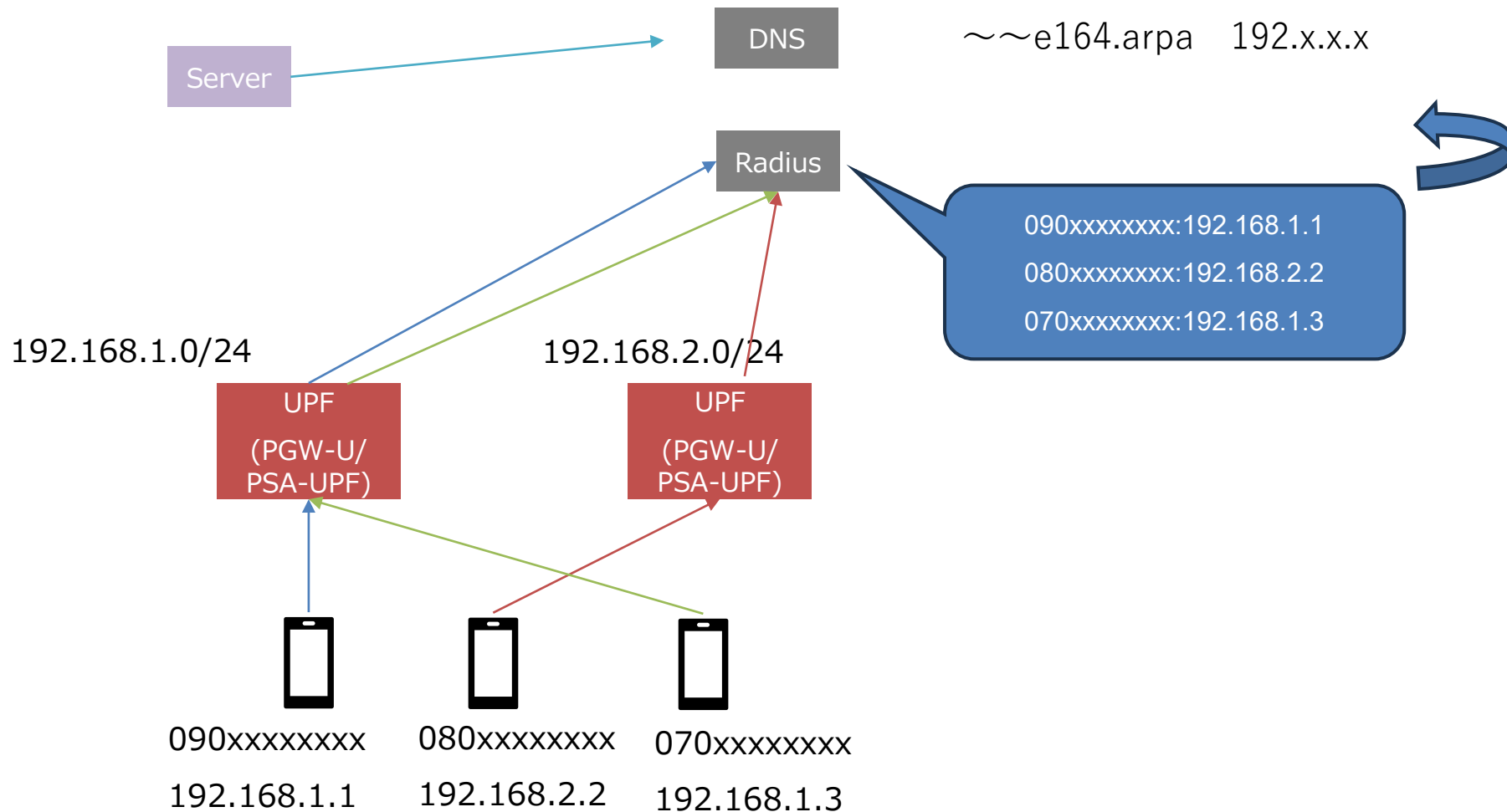
その他の案

- 異なるGW配下で端末に払い出すIPを同一IPにして、CERでミラーリング？して両方に送る
- 異なるGW配下で端末に払い出すIPをA、Bと異なるIPにして、両方のCERでアップリンクをA→C、B→CにSNATしてCとして固定IPとして見せる、ダウンリンクはC→A、C→BへDNAT(上りパケットが来ている前提)する。
- 端末、UPF全部同一L2セグメントに入れて、ファーストパケットでなんとかする
- UPF間でトンネルを張って、適切なUPFへフォワーディング
etc.

- 案は無限？に考えられるけど、どこかに無理が生じる
- もしくは、スケールしない。。
- 小規模でよいならよいが、大規模だとつらい

おまけ

- Radius等で通知できるので、外部でMSISDN からe164番号を使うなりして、FQDN等とIPの括り付けを持てば固定IPいらないのでは？？



まとめ

まとめ

- モバイル固定IPの背景知識と基本的？な手法について紹介しました
- 3G/4G時代から、20年くらい？固定IP+冗長性の確保に困り続けているけど良い案がない
- 議論
 - 固定網ではどうしてますか？
 - 良い案があれば教えてください
 - 最近のルータなら頻繁に更新される /32 100万経路 行けますか？
 - 実は冗長構成が手厚すぎる？？
 - 固定IPって必要ですか？
 - マス向けでの需要ってないですよね？
 - SRv6 MUPなら？？
 - 教えてほしいなあ～