

効率的でネットワークにも優しい IoTデバイス実装

Aug. 30, 2024

SWEST 26

株式会社ソラコム
ソリューションアーキテクト
井出 堯夫 (takao)

自己紹介

About me



井出 堯夫 Takao IDE

ソリューションアーキテクト

株式会社ソラコム

国内重工メーカーでロケット開発 

→同 本社部門でIoTプラットフォーム企画開発

→2022.9 ソラコム join

得意領域：

IoT デバイス周辺

PLC・産業ネットワーク

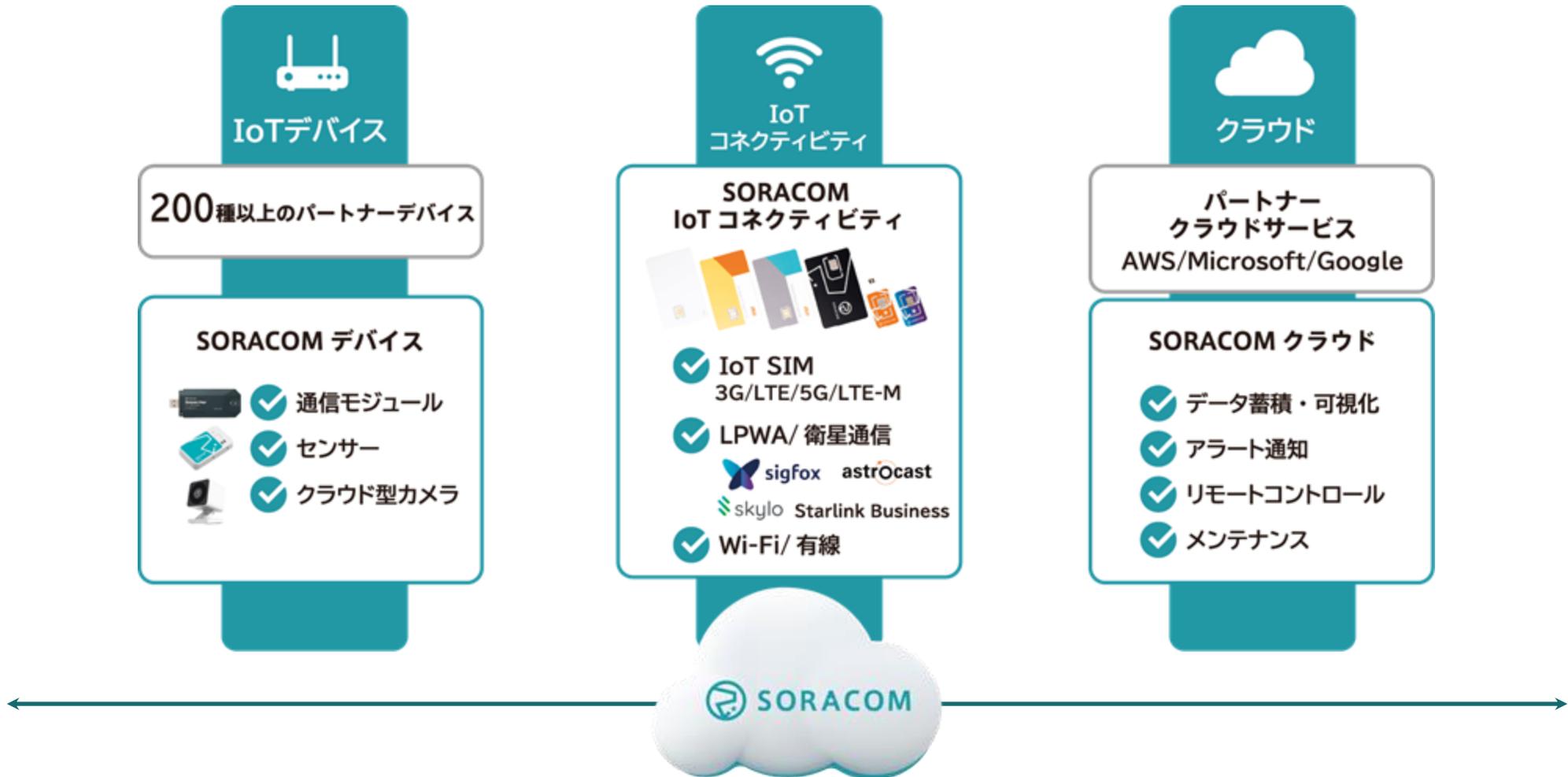
ラーメン



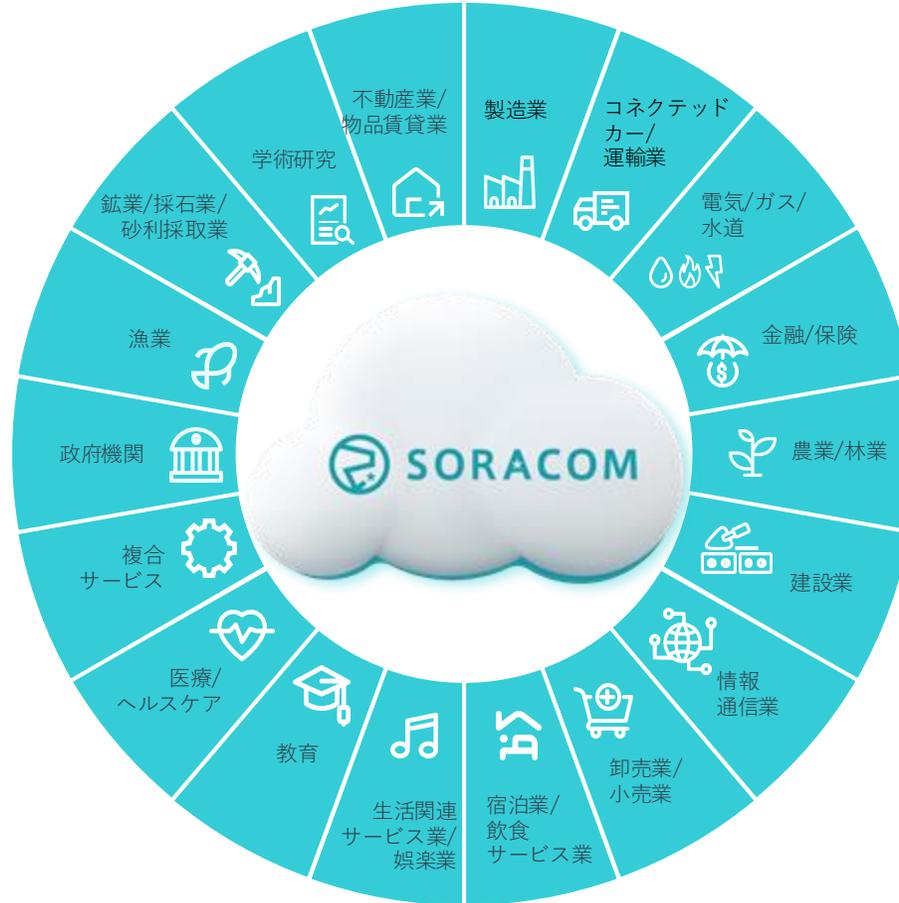
- 『技術評論社』知識地図シリーズ
IoTの知識地図
設計・実装・運用のための必須知識をこれ一冊で
1. IoTの基礎とトレンド
 2. IoTのデバイス
 3. IoTにおけるセンサーの活用
 4. IoTのネットワーク
 5. IoTのデータ活用とクラウド利用
 6. IoTによる双方向通信・遠隔制御
 7. IoTのセキュリティ
 8. IoTプロジェクトの取り組み方

About SORACOM

IoT向けのデータ通信を軸に、IoTの製品開発を加速させるグローバルプラットフォーム



20,000を超えるお客様が、多岐にわたる業界や用途で採用



日本の事例

欧米の事例



いわゆる携帯、スマホ以外のIoTデバイスの接続が増えることで通信キャリアにおいてはシグナリングの問題が発生している現状があります。

IoTデバイスでセルラー網むけに検討しておいてもらいたい機能についてのガイドがソラコムが提供するIoTデバイス開発ガイドとして発行されました。

- ソラコムのIoTデバイス開発ガイドは [GSMA\(*\) TS.34 IOT デバイス接続効率ガイド](#) の内容を参照し作成しています。

本セッションはソラコムが発行したIoTデバイス開発ガイドをベースにベストプラクティス = デバイス実装要件の整理をしたものとなります。

何のためのガイドなのか？

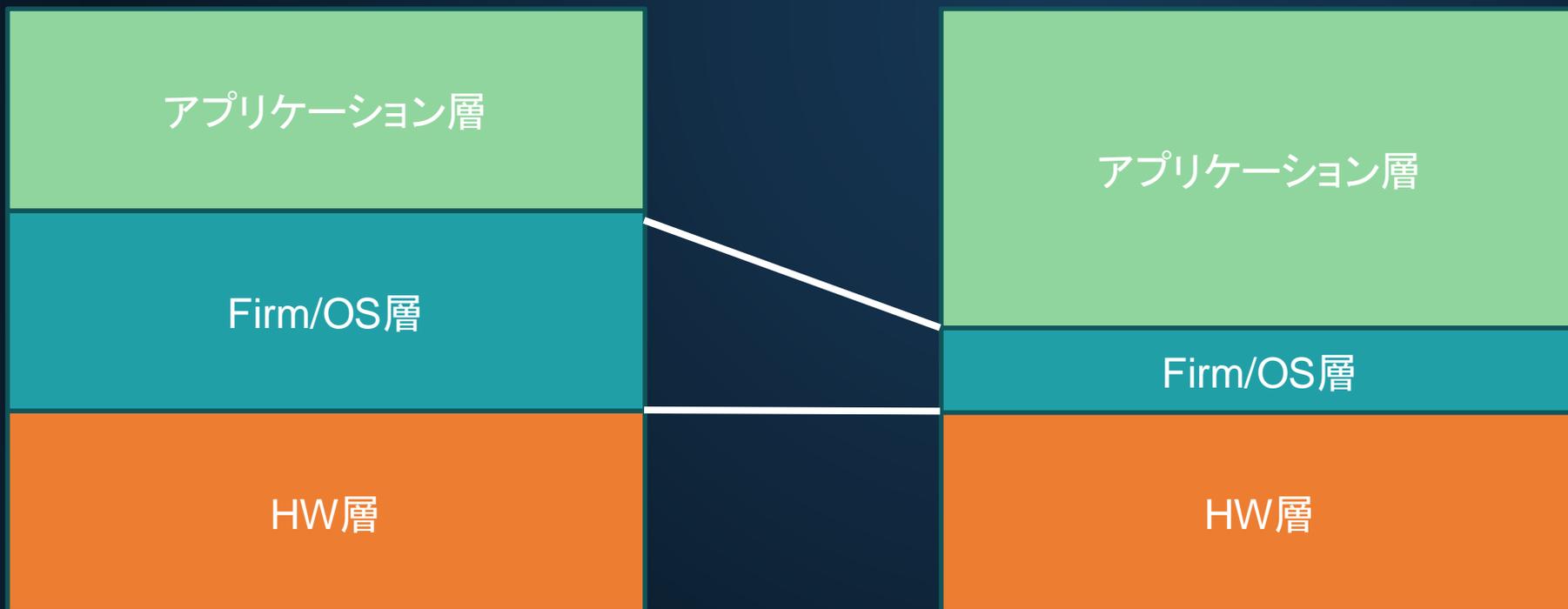
IoTデバイスの開発や既存デバイスの選定にあたり、遵守いただきたい注意事項を紹介しています。

法令遵守、標準仕様の採用、効率的なプロトコルの使用、データ通信量の最適化、セキュリティ対策などについて解説しています。

ネットワークのパフォーマンスを維持しつつ効率的なデバイスを設計するためのガイドラインとして遵守をお願いしたい内容となります。

IoTデバイスといっても、

ハードウェア、ファームウェア、アプリケーションなどのレイヤはあります。本ガイドの要件として、使うデバイスでどこに責務があるのかを理解することも重要です。



選択したデバイスによって層の厚みが違う
e.g)

FreeRTOSやTRONのような組み込み系デバイスとLinux上で動くルータやゲートウェイの汎用製品との差分のようなもの

IoTデバイス（より詳細なスタック）

IoT Device Host

IoT Device

IoT Device
Application

IoT Communications Module

IoT Communications
Module Firmware

Radio
baseband
chipset

UICC

1. IoT device Host: 公共料金メータ、セキュリティアラームなどのIoTデバイスを含む固有デバイスの環境
2. IoT Device : IoT Device ApplicationとIoT Communication Moduleを組み合わせたもの
3. IoT Device Application: IoT Communication Moduleを制御し、IoTサービスと相互作用するソフトウェア機能
4. IoT Communication Module: セルラー無線接続を提供する通信機器
5. IoT Communication Module Firmware: IoT Device applicationにAPIを提供し、Radio baseband chipsetの制御を行う通信モジュール内の機能
6. Radio Baseband chipset: モバイルネットワークへの接続を提供する通信モジュール内の機能
7. UICC: モバイルネットワークへの接続、ネットワークサービスへのアクセスのためにデバイスを認証するスマートカード

デバイス種別の例

組み込みデバイス



特定の機能を実行するために設計された専用システムです。これらは通常、単一の目的のために作られ、その機能に最適化されています。

マイクロコントローラー 駆動デバイス



小型のコンピュータチップを使用して特定の機能を実行します。これらは通常、フルスケールのOSは使用せず、特定のタスクに最適化されたシンプルなプログラムで動作します。

OS駆動型デバイス



Windows、Linuxなどの高度なOSを使用して動作します。OSは、ハードウェアとソフトウェアの間を仲介し、多様なアプリケーションの実行や複雑なタスクの管理を可能にします。

セルラー通信の話

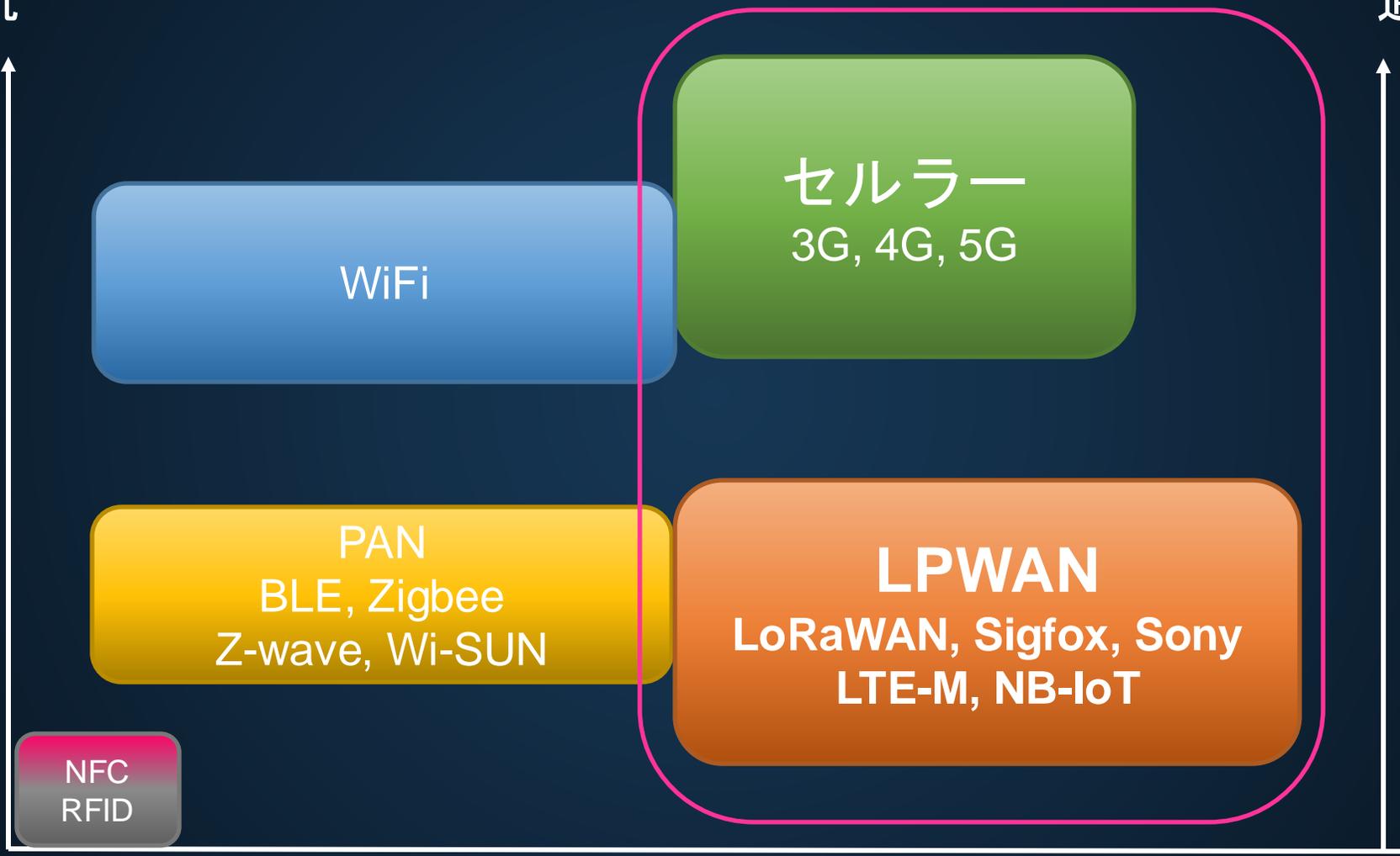
IoT向け各種通信方式

消費電流

500mA

100mA

20mA



通信速度

1Gbps

450Mbps

10Mbps

1Mbps

1kbps

100bps

10m

30m

1km

10km

通信距離

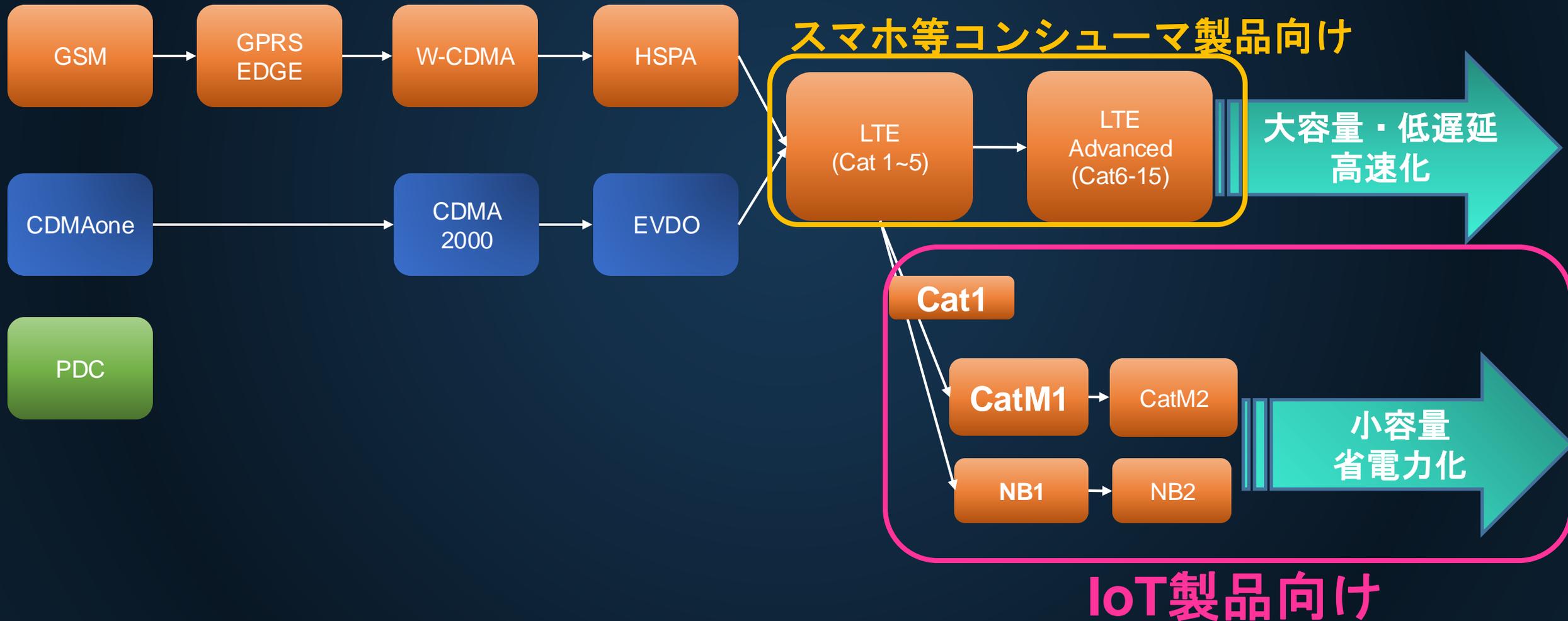
セルラーシステムは 大容量と少量・省電力の二極化へ

第2世代 (2G)

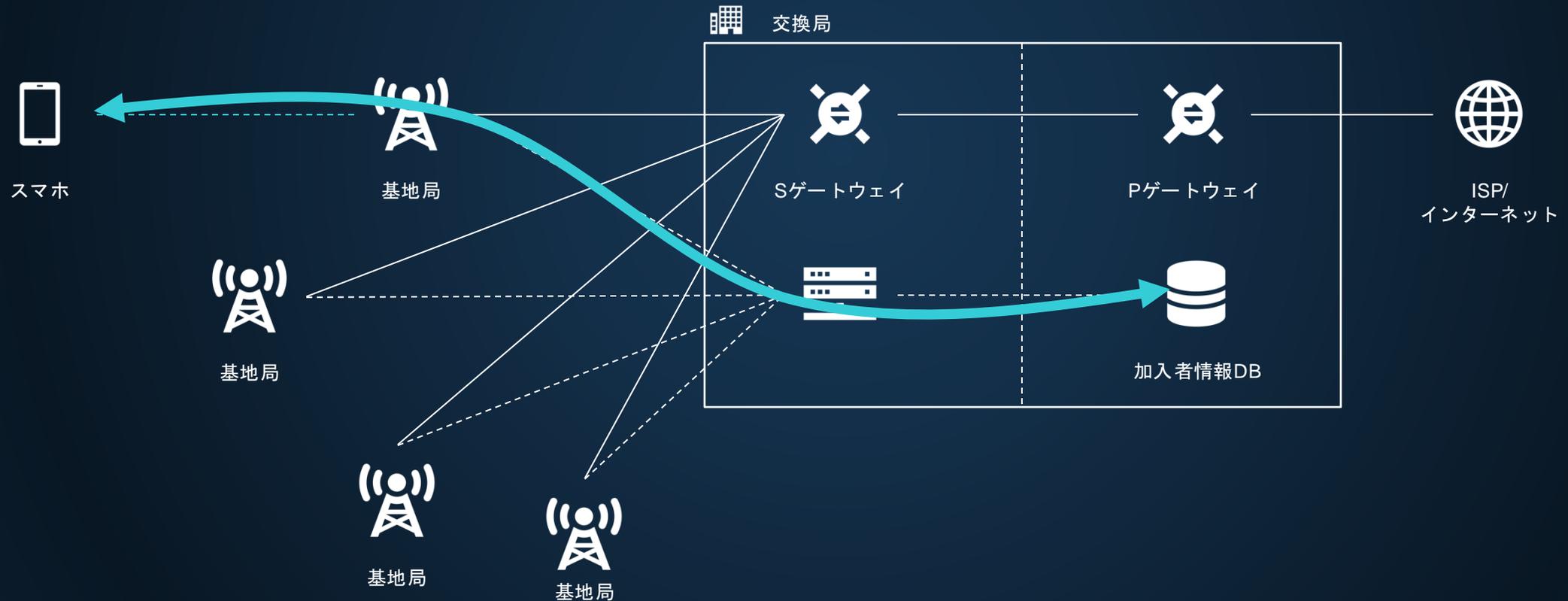
第3世代 (3G)

第4世代 (4G)

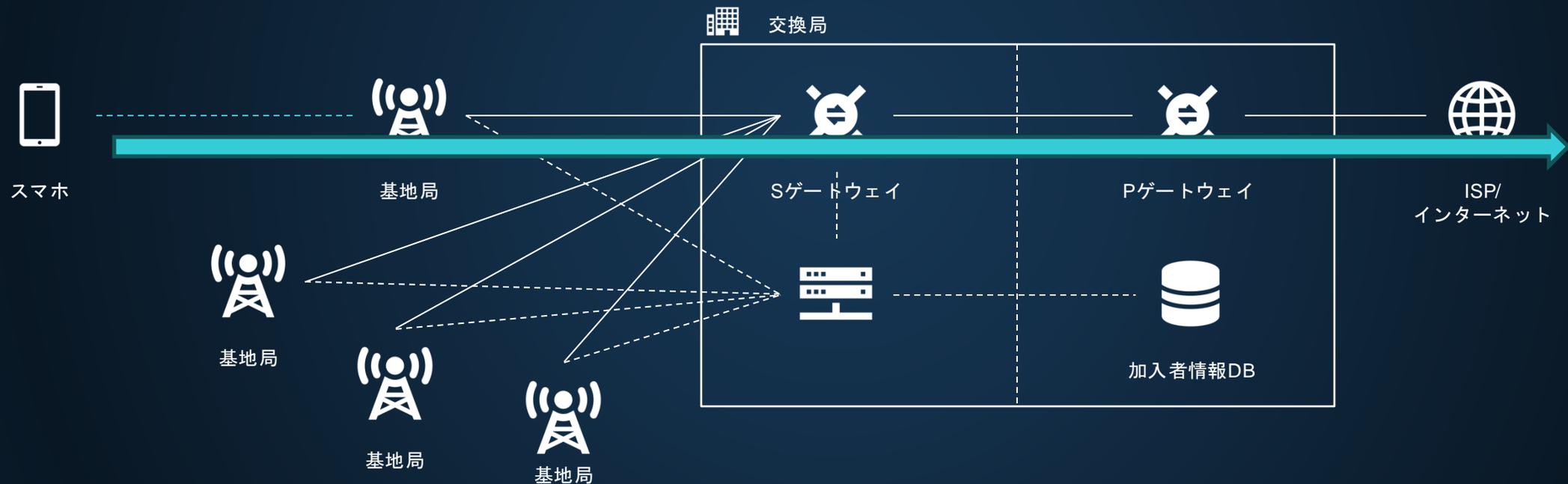
第5世代 (5G)



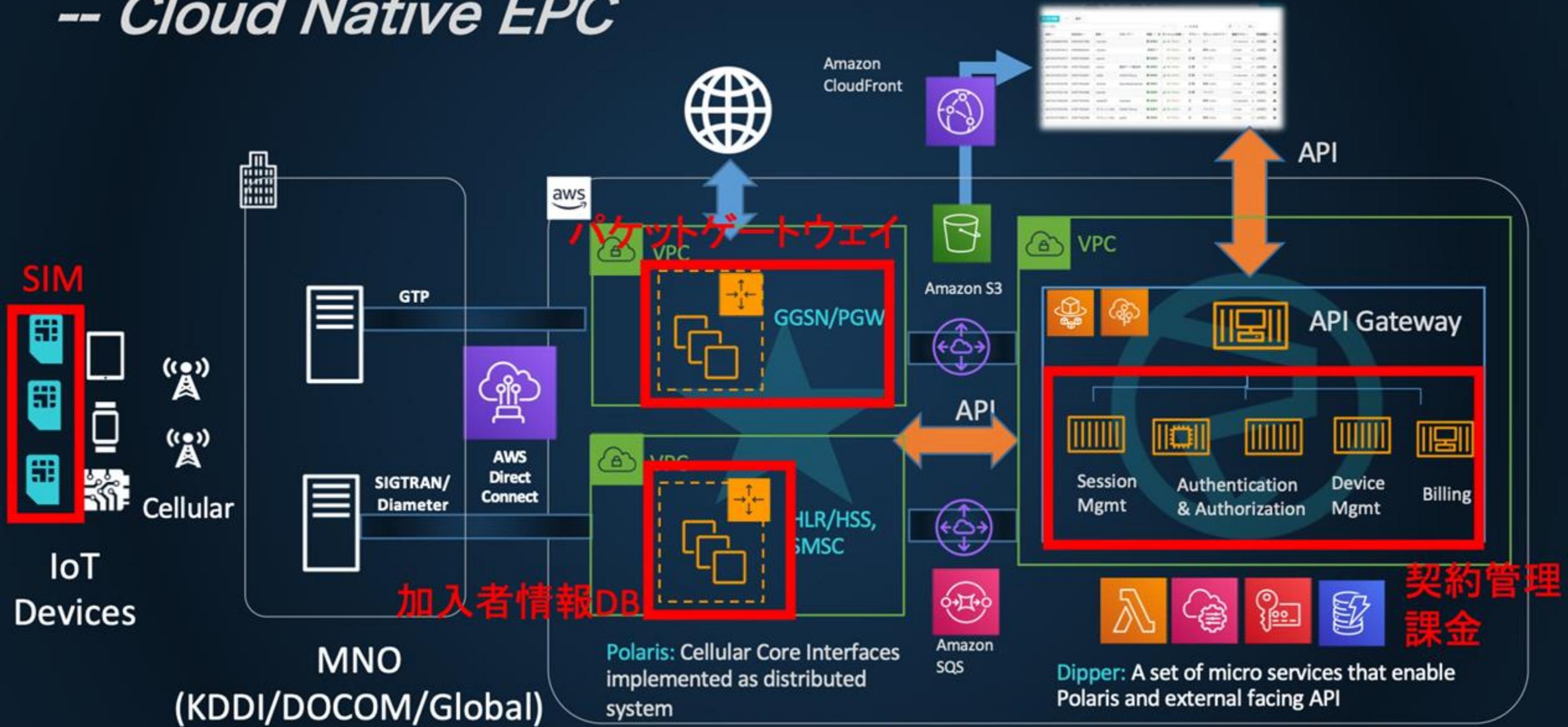
セルラー (3G/LTE) 通信経路概略



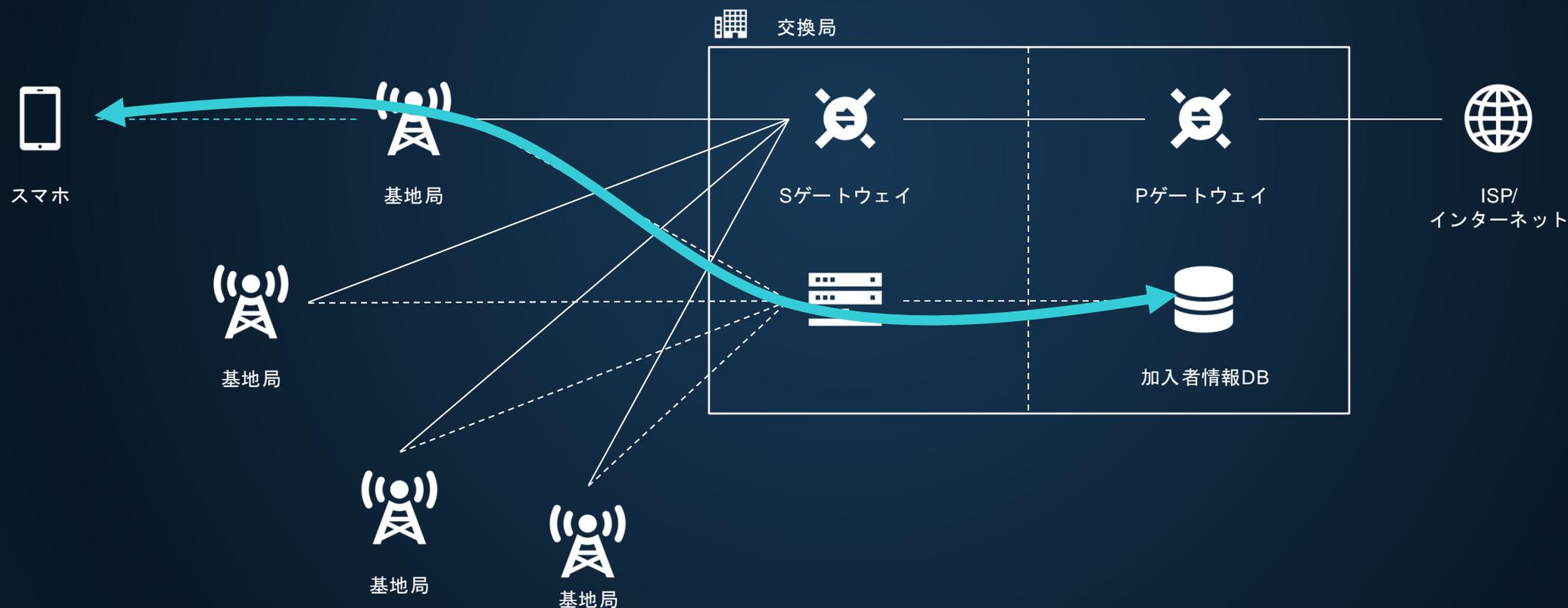
セルラー（3G/LTE）通信経路概略



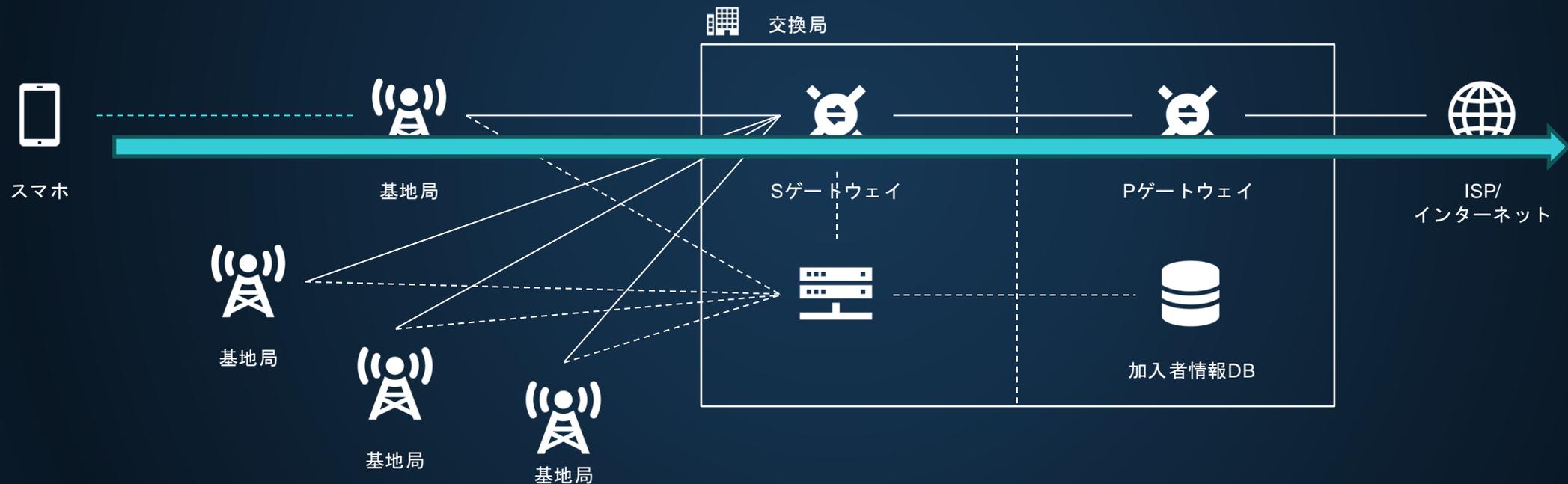
AWSに構築されたセルラーコアネットワーク -- Cloud Native EPC



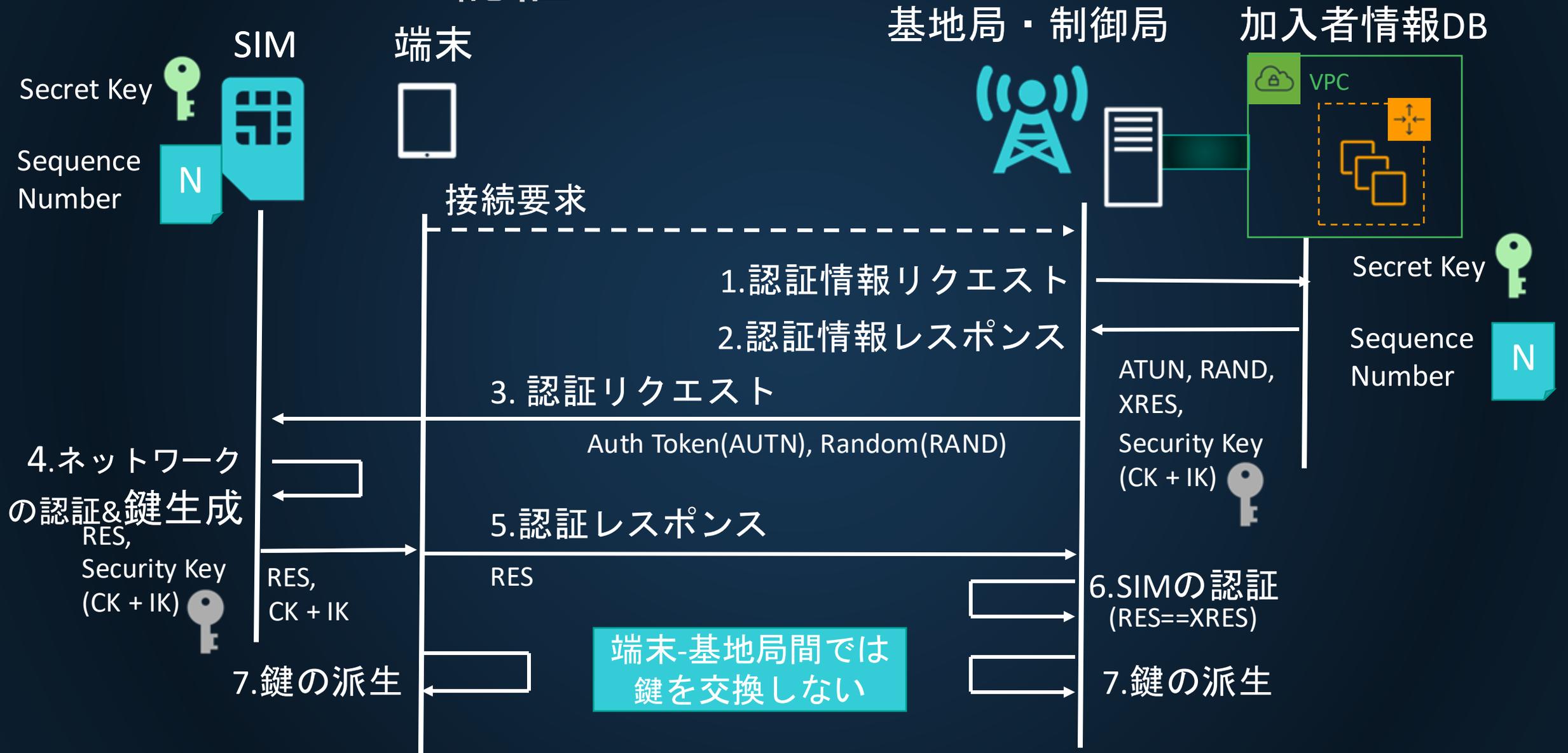
セルラー（3G/LTE）通信経路概略



セルラー（3G/LTE）通信経路概略



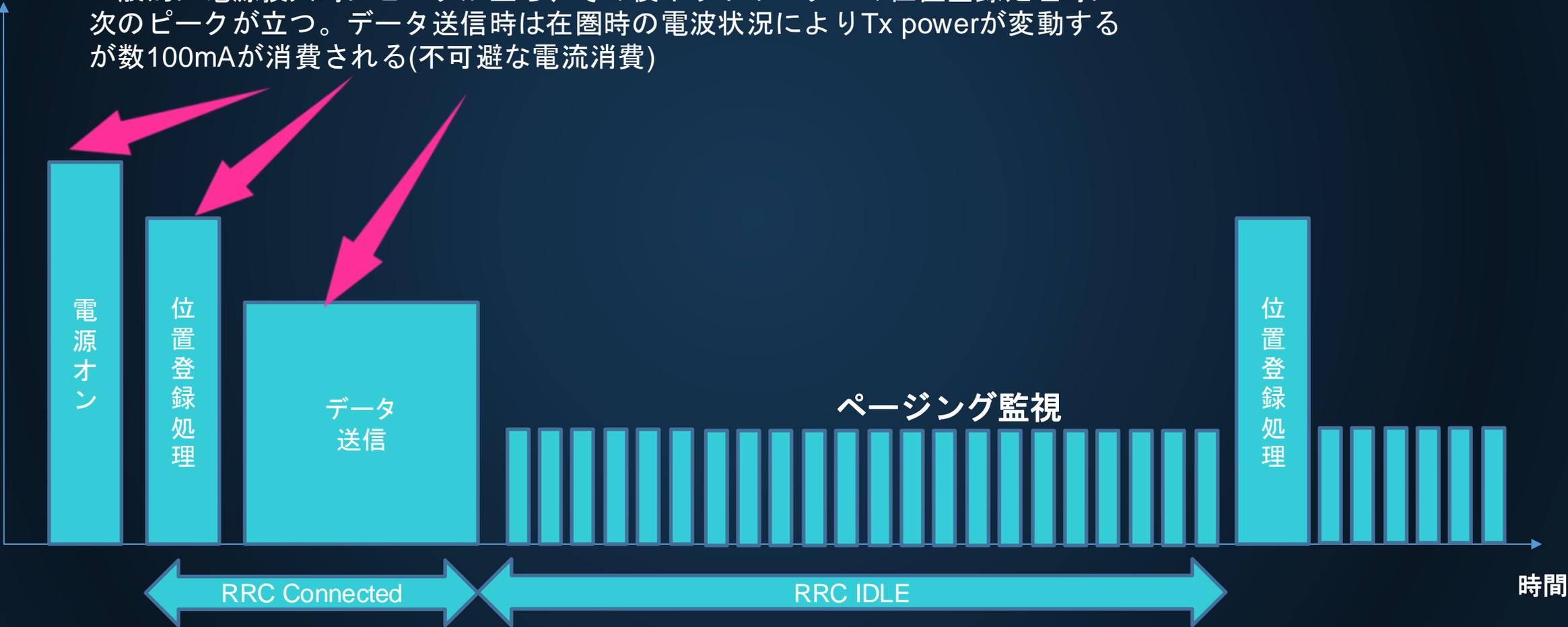
3G/LTE のSIM認証



無線レイヤでの制御

消費電流

一般的に電源投入時にピークが立ち、その後ネットワークへの位置登録処理時に次のピークが立つ。データ送信時は在圏時の電波状況によりTx powerが変動するが数100mAが消費される(不可避な電流消費)



時間

裏で通信をすることで
常につながるのがLTE

- セルラー通信デバイス選択の基本
- 効率的なデータ通信
 - 通信による電力消費の抑え方
 - データ量の減らし方
 - リトライの

ハードウェアなどデバイスの選定 フェーズで考えるべきこと

デバイスの選択の確認ポイント

法令準拠

- 日本であれば技適（電波法・電気通信事業法）の取得などの無線機器の法令を満たしていることを確認してください

対応キャリアの確認

IOT(Inter-Operability Testing:相互接続性試験)の取得有無の確認

- キャリアにより接続が確認されたものであることとなります。注意点として、当該キャリアが機能や製品の担保をしたものではありません
- KDDI band1のガードバンド問題等

理由

- セルラー通信を伴う機器は多くの国で法令による制限をかけられているケースが多く、無許可の製品を輸出入や利用すると法令違反となります

その他デバイスでの注意事項

アンテナチューニング

- スマホ+SIMで電波状況を確認しても、実際の筐体、アンテナにより電波強度は変わることが多くあります。実際に利用するデバイスでの測定、アンテナチューニングを実施することを推奨します

SIM認識不良が起きにくいようなSIMの選択

- 例えば振動が多いデバイスにカードSIMを選択すると接触不良、ずれなどによるSIMの認識不良が発生する可能性があります。そのようなユースケースではチップ型SIM(eSIM)が適している場合があります

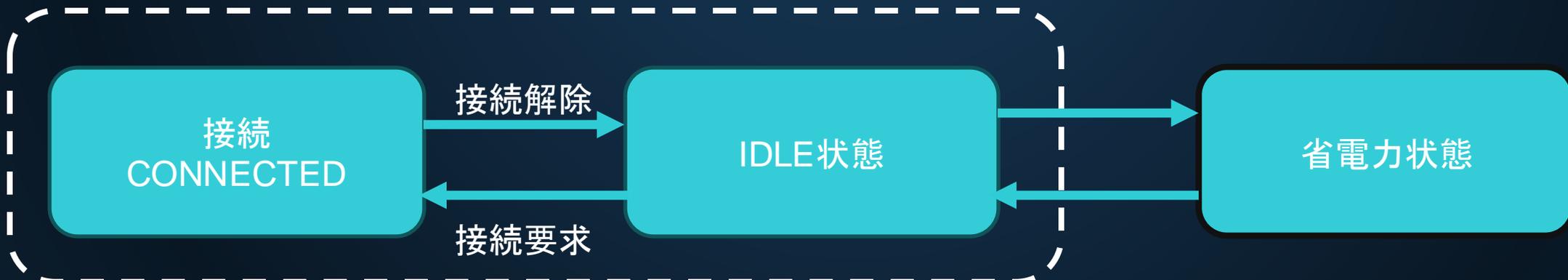
通信による電力消費を減らそう

LTE-M eDRX/PSM活用で消費電力への貢献

例えば、10分に一度のデータ送信頻度のバッテリー駆動デバイスでは、LTE-MによるeDRX/PSMを利用することで接続・切断時の無線モジュールの消費電力とシグナリングの負荷を大幅に減らすことができます。

- PSM(パワーセーブモード)
 - 省電力状態として基地局からのページング(*)受信を行わない状態。送信は可能
- eDRX(拡張DRX)
 - アイドル状態でのページング受信間隔を拡張する技術

*:ページング通信:ネットワークが端末に対して通信の準備ができたことを知らせる通信。
ネットワークはこの通信を使いデバイスを起こすことができるような仕組み



短時間にIDLE<->CONNECTEDの状態遷移を頻繁に行わない->LTE-Mの機能を活用する

無線レイヤでの制御

消費電流

一般的に電源投入時にピークが立ち、その後ネットワークへの位置登録処理時に次のピークが立つ。データ送信時は在圏時の電波状況によりTx powerが変動するが数100mAが消費される(不可避な電流消費)

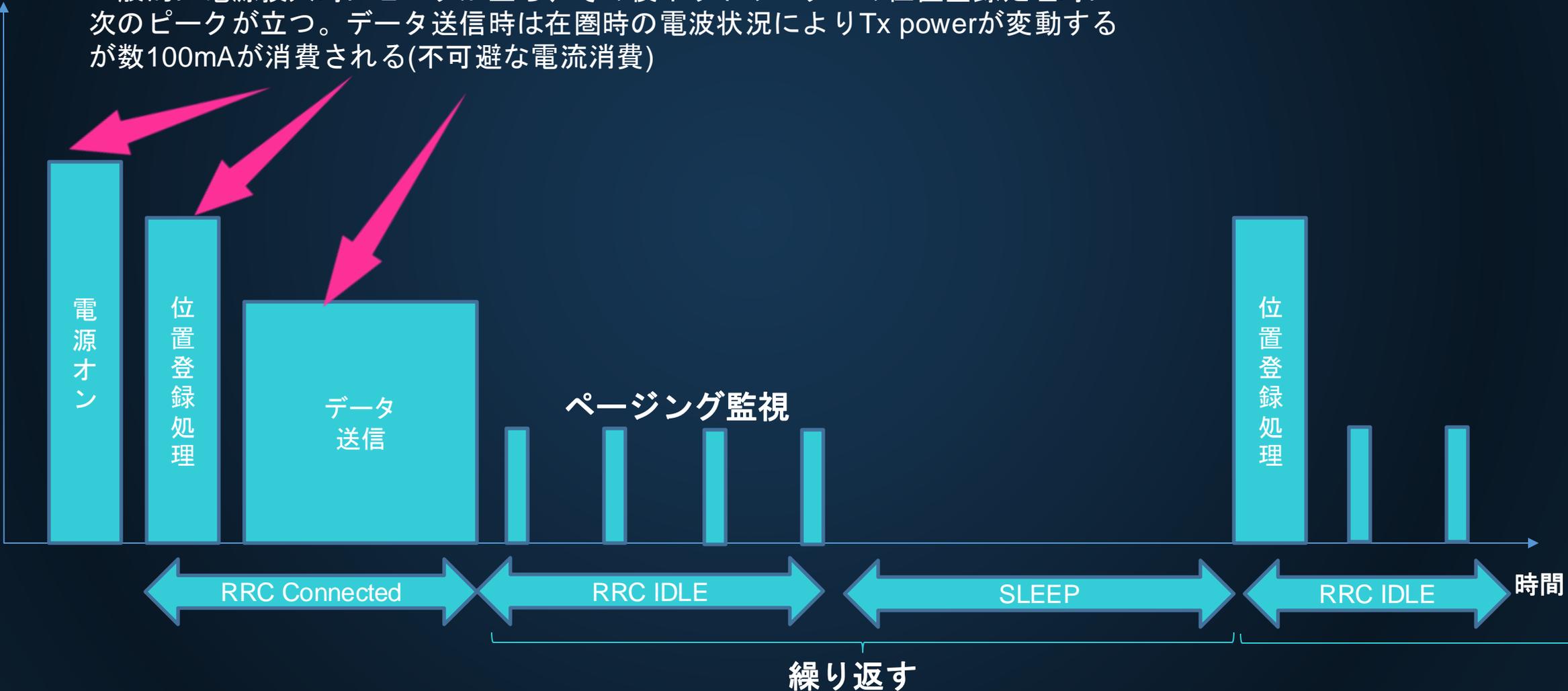


時間

無線レイヤでの制御

消費電流

一般的に電源投入時にピークが立ち、その後ネットワークへの位置登録処理時に次のピークが立つ。データ送信時は在圏時の電波状況によりTx powerが変動するが数100mAが消費される(不可避な電流消費)



相性の悪い選択の例

LTE-M eDRX/PSM と MQTT通信の組み合わせ

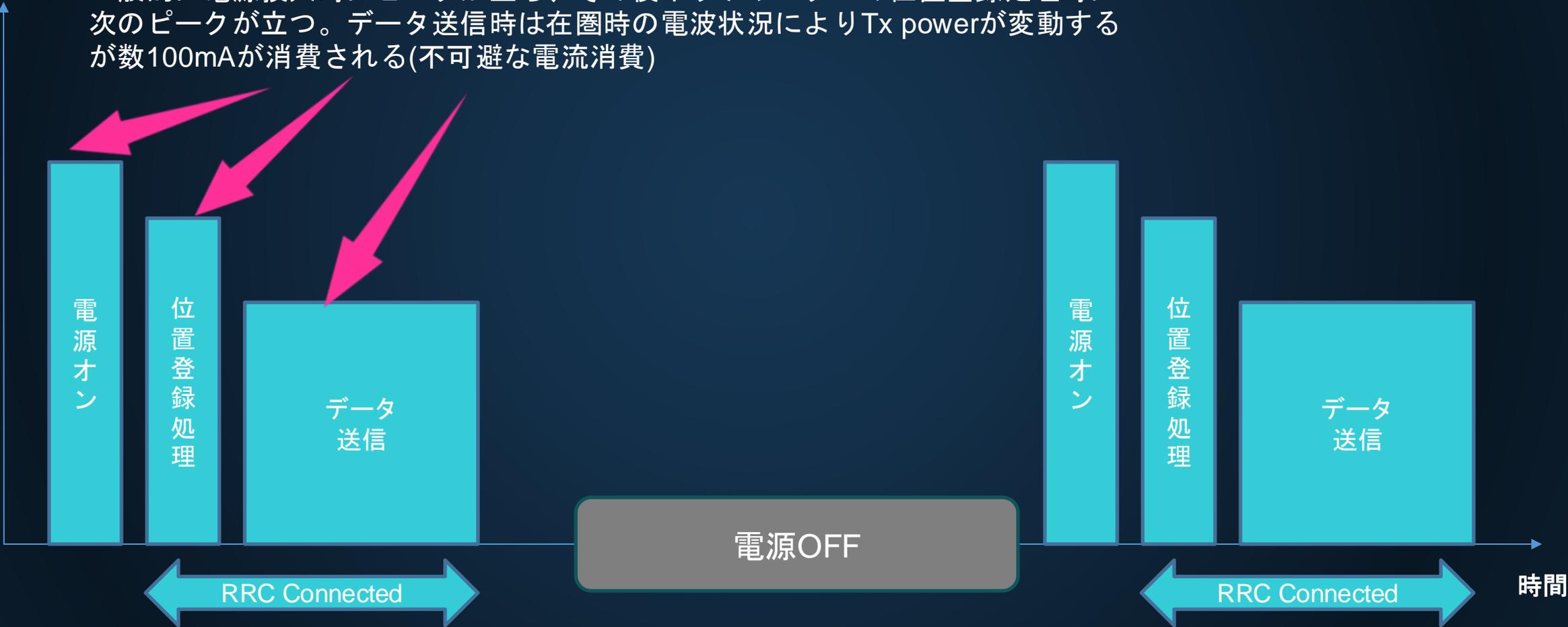
- MQTT はkeep alive packetを投げることで常時接続を行う軽量の通信プロトコルです。一方でLTE-MのPSMなどは通信モジュールがsleepに入ることによって消費電力を下げる技術となり、双方の美味しいところ取りが難しい技術の組み合わせとなります。

LTE-Mの特性として1Mbps以下の通信速度のプロトコルである点にもご注意下さい。（FOTAなどの通信で時間がかかるなども発生します）

無線レイヤでの制御

消費電流

一般的に電源投入時にピークが立ち、その後ネットワークへの位置登録処理時に次のピークが立つ。データ送信時は在圏時の電波状況によりTx powerが変動するが数100mAが消費される(不可避な電流消費)

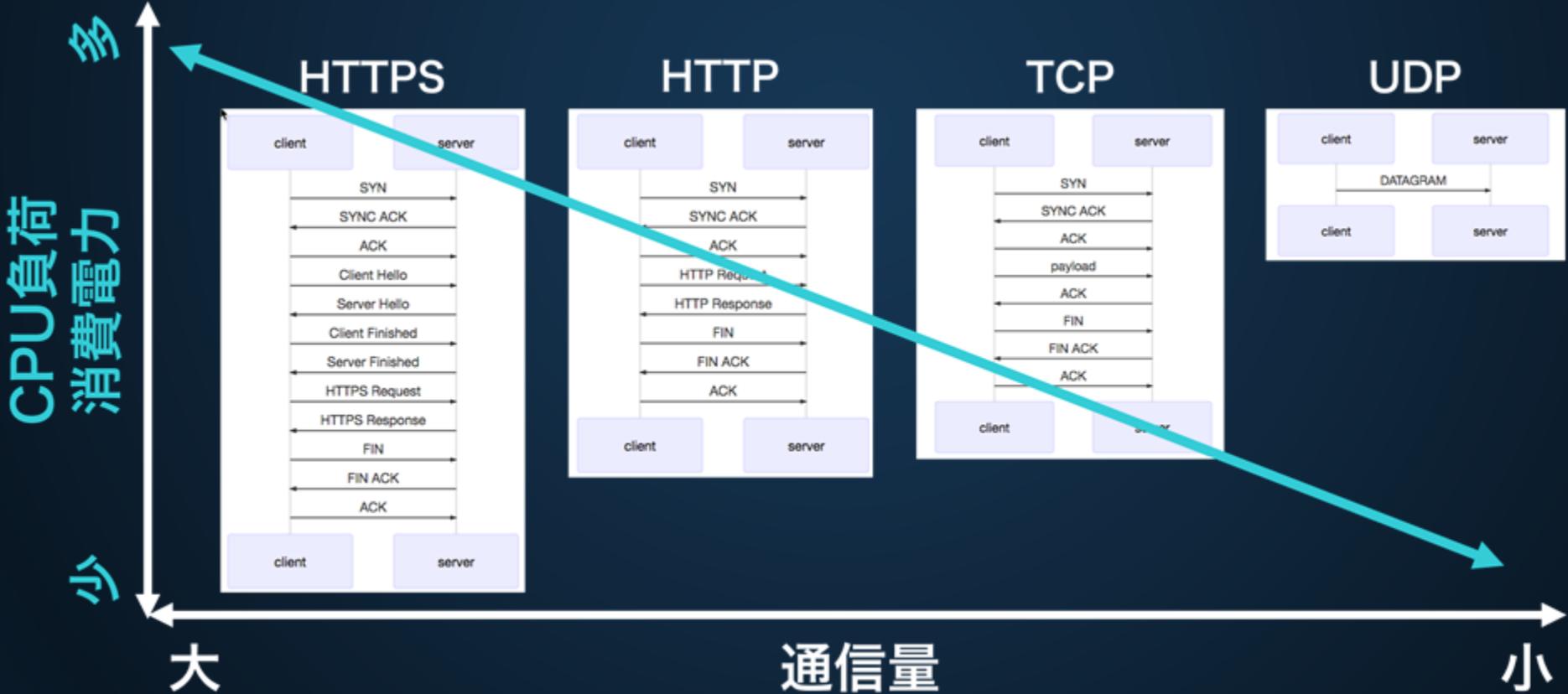


データ量を減らそう

- 正しいプロトコル/通信方式の選択
 - データ送信頻度、デバイスの電源状態、デバイスへの指示の有無によって適切なプロトコルが変わります
 - IoTではMQTTの説明を多く見ますが、MQTTは常時接続のプロトコルであるため、**低頻度のデータ通信**やクラウドから**デバイスへのメッセージ伝達の即時性が不要な場合**、MQTT以外の通信がメリットになることがあります

消費電力と双方向通信

連携時に利用するプロトコル選択も影響が大きい。
アプリケーションプロトコルの機能が豊富なものほど実装の柔軟性は増すものの消費電力は大きくなります



データ送信量の減らし方

- データをまとめて一度の通信で送る
 - 秒オーダーでデータが欲しいが常にデータを見てるわけではない場合
 - 通信ヘッダも削減できる
- 差分があったデータのみ送信する
- 圧縮する

確実にデータを届ける

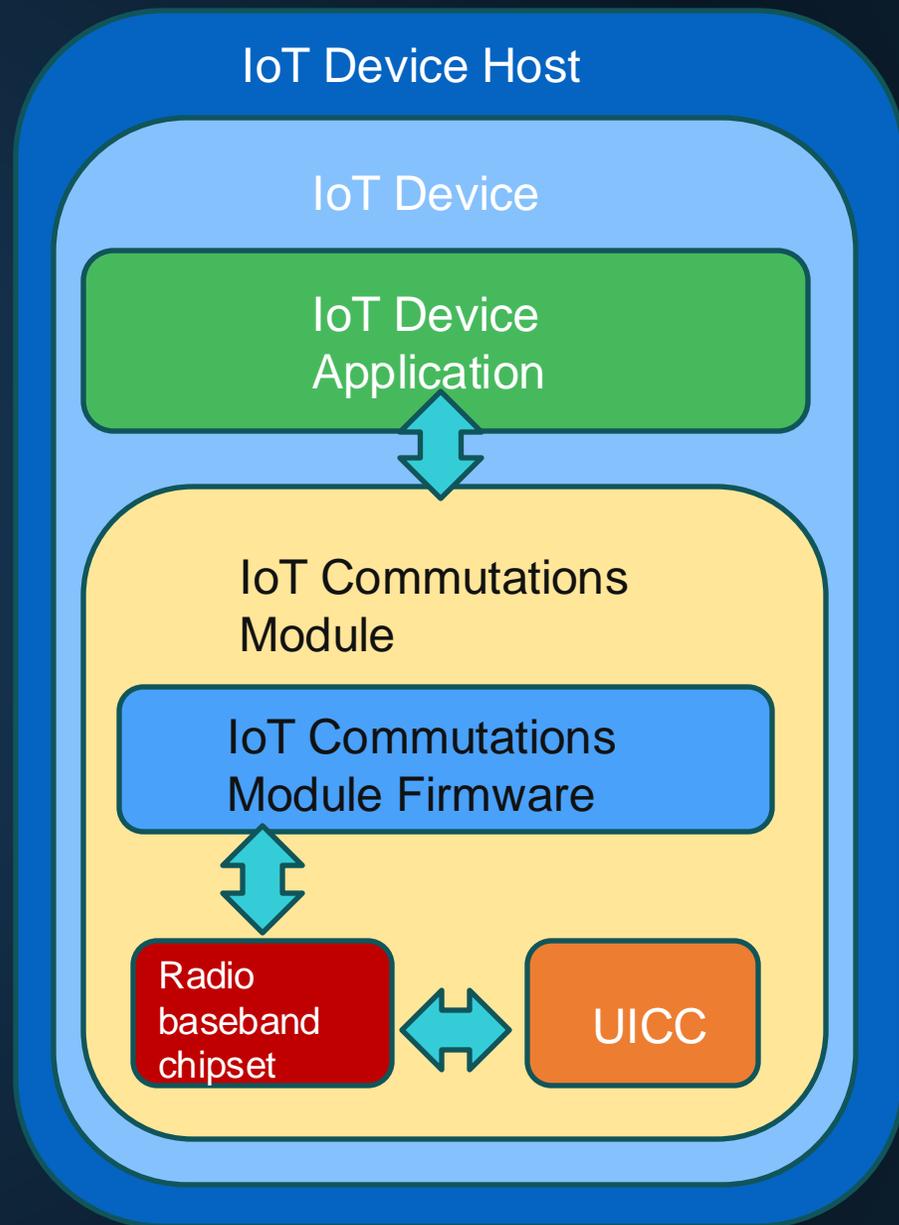
リトライ

リトライの上限を設定する

通信がうまくいかない場合、

1. TCPレベルでのリトライ、ソケットレベルでのリトライ
2. アプリケーションの再起動
3. デバイスの再起動

アプリケーションだけではなくデバイスレイヤまで順次リトライ、再起動などが試せるような手段を考慮をしてください



通信エラー時の振る舞い

エラーが発生したからと**単純にリトライの実施を行うことは推奨されません**

- 単純リトライが無意味なパターン
 - DNSなどの名前解決の失敗
 - SIMが利用中断(suspended)、解約済み(terminated)
 - サーバのメンテナンスや混雑

エラーの理由に応じた処理を行う

安全な定期データ送信

通信における時間衝突の回避

- ネットワークやシステムから時刻補正
- GNSSからの時刻補正

時刻型の同報通信や固定値のretry

意図しないDDoSのような攻撃のような挙動

経路上のネットワーク帯域だけでなく、後段にあるバックエンドシステムへの負荷も高まり非効率な通信が発生する場合があります。

輻輳制御

正時でデータを一齐に送信をしない

 ♂ 00分、30分などタイマーをトリガーして送信

収集のタイミングとデータアップロードタイミングは別のものとして考える

 収集自体は0分0秒でやっても通信を送る際のタイミングを考慮する

安全なリトライ

Exponential backoff

- 再送信間隔を指数関数的に増加させることでリトライ時間を変動させることでネットワークの混雑融和や効率性に貢献します

単純時間リクエスト、リトライ



00分起動、N分後にretryなどの仕組みの場合、通信の混雑や衝突が発生し、経路やバックエンドによって瞬間的なスパイクが続く状態が発生、成功率も下がるのでスパイクの山が小さくなりやすく延々とリトライが続きやすい状況になる

分散を考慮したリトライ



00分起動、N分後にretryするが、exponential backoffやJitterを考慮することで単位時間のピークが下がりがやすく、通信成功となる端末が生まれやすく徐々にピークが下がっていくことが期待できる

通信の衝突回避に役立つ考え方とポイント

Exponential backoff

- 再送信間隔を指数関数的に増加させることでリトライ時間を変動させることでネットワークの混雑融和や効率性に貢献します

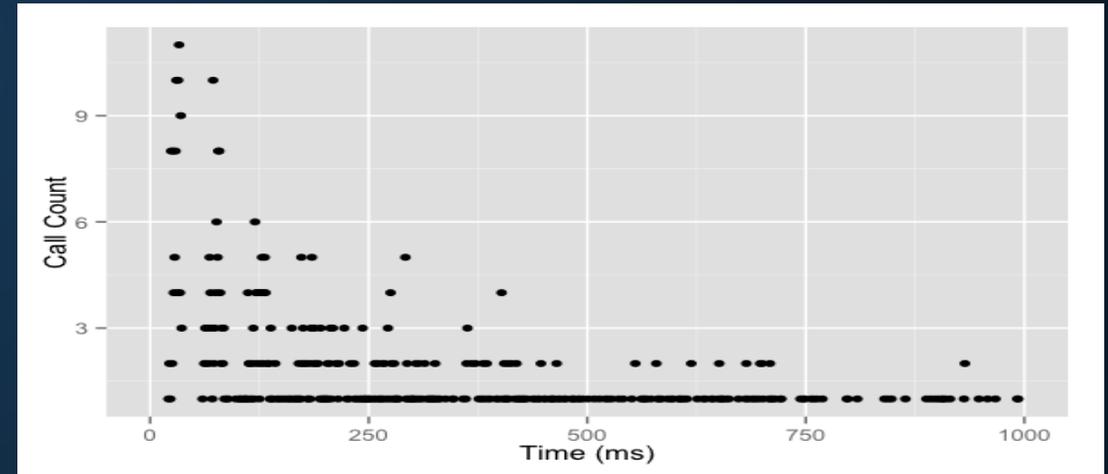
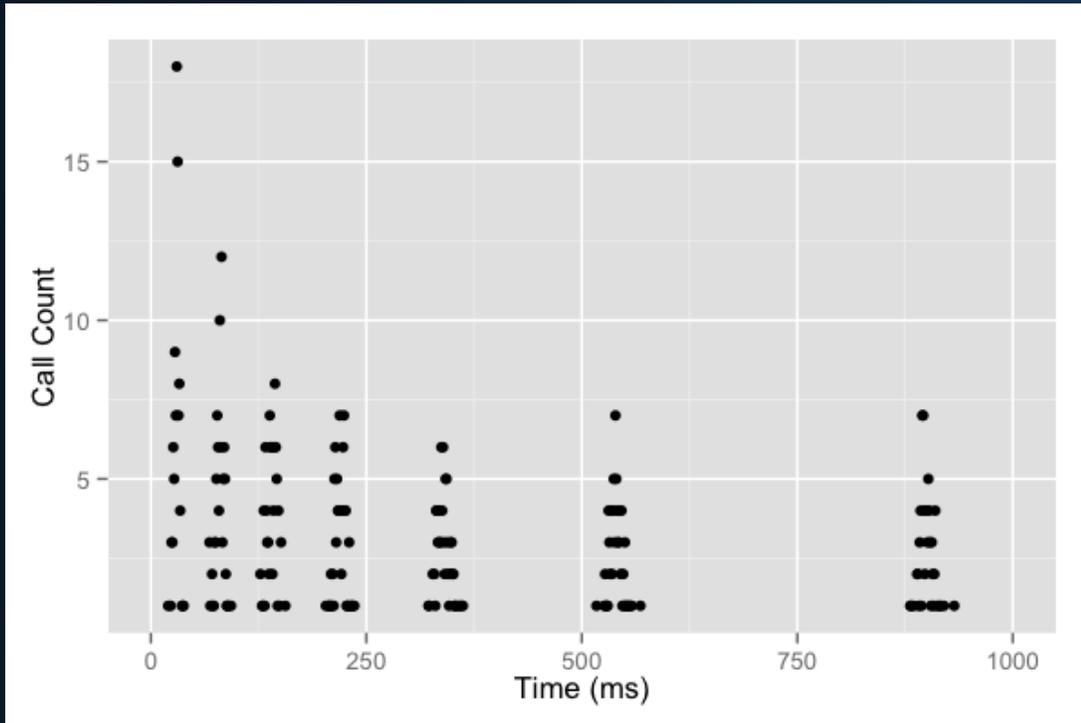
Jitter

- ジッターは揺らぎです。プログラムでの一定時間を算出するプログラムでは生成される時間が正確になために最終的に+-でjitterを加味することで分散、ばらつきを生成させます

ネットワーク不調から復帰した際のBufferデータの送信タイミングも同様に考慮ください

- キャリアマターでの通信不調時にBufferにデータを残して復帰時にデータを送信するユースケースも想定されていると思いますが、アップロードタイミングが重なると同様の輻輳要因となりますので分散されることを考慮してください

Jitterも導入する

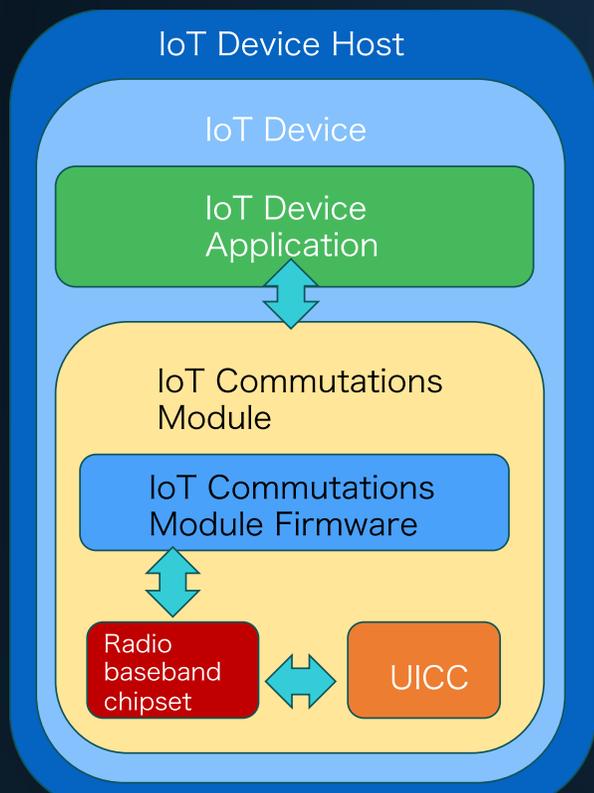


ネットワークに優しい 切り方

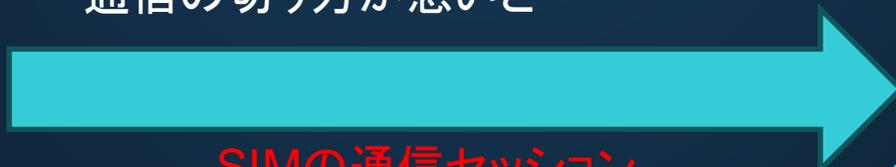
アプリケーション、端末の終了動作

通信セッションを正常に終了させるような考慮をお願いします。

- 通信セッションが残ると状態不整合やサーバのリソースが無駄になるなどが発生します



通信の切り方が悪いと



SIMの通信セッション
がのこる



サーバ側のHTTP/TCPなどの
通信セッションがのこる



SIMのセッション

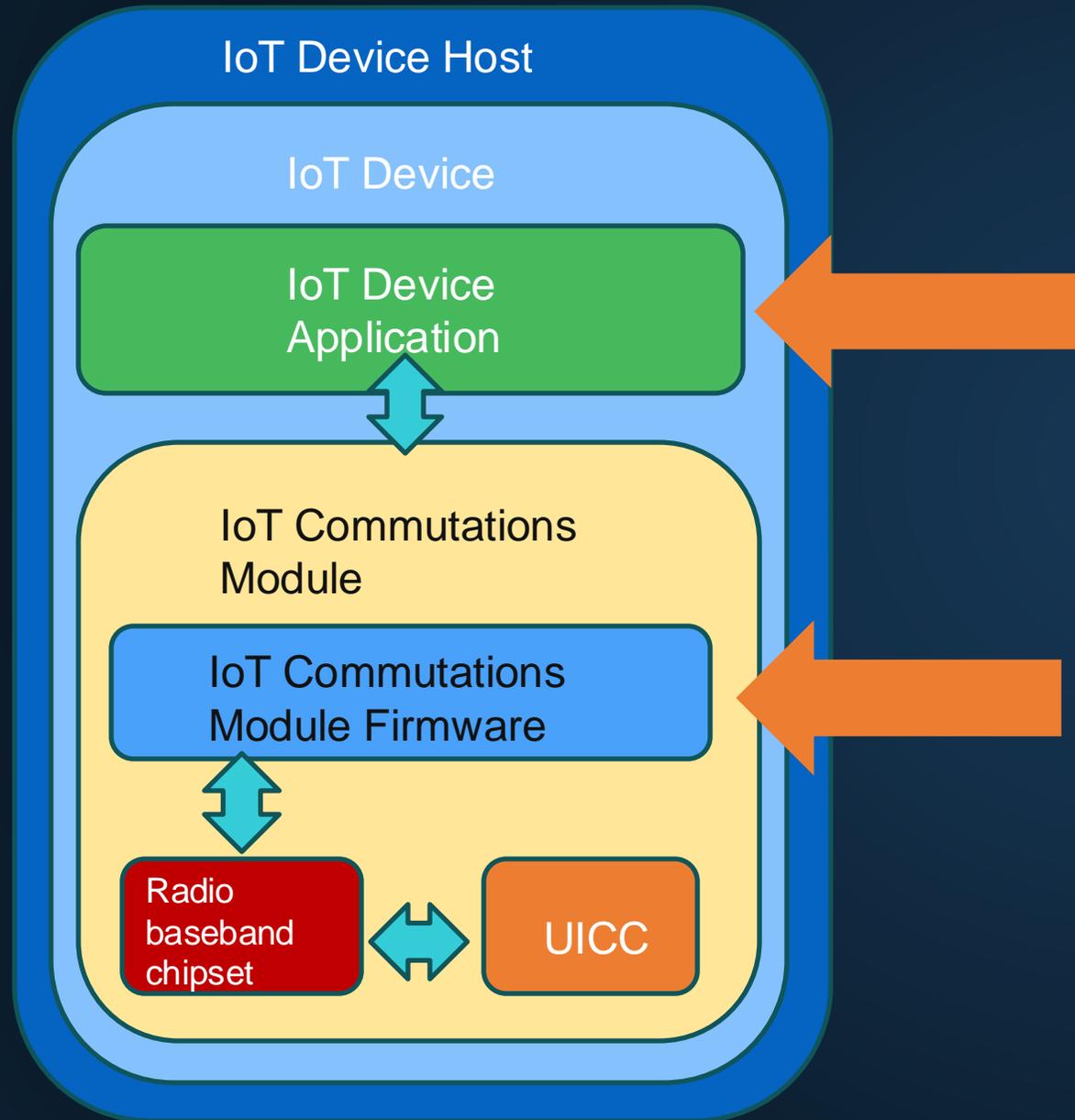
セッション履歴



時刻 (UTC +09:00)	イベント ⓘ	IMEI	サブスクリプション	MCC MNC	VPG	国・地域	キャリア	通信方式	エリアコード	セル ID
2024-08-17 21:38:53	Deleted	35701 37625 83351	planX1	440 20		 Japan	SoftBank Mobile Corp	LTE	16531	59885057
2024-08-17 21:37:33	Created	35701 37625 83351	planX1	440 20		 Japan	SoftBank Mobile Corp	LTE	16531	59885057
2024-08-17 21:37:32	Deleted	35701 37625 83351	planX1	440 51		 Japan	KDDI Corporation	LTE	37907	87737610
2024-08-17 21:36:24	Created	35701 37625 83351	planX1	440 51		 Japan	KDDI Corporation	LTE	37907	87737610
2024-08-17 21:36:22	Deleted	35701 37625 83351	planX1	440 51		 Japan	KDDI Corporation	LTE	37907	87737610

ソフトウェアアップデート / FOTA

IoTデバイス（より詳細なスタック）



アプリケーションレイヤでのバージョンアップはこのレイヤ

通信モジュールでもファームアップデートが発生する場合はある

アップデートの必要性

- バグなどの不具合への対応
- 製品・サービスの仕様変更への対応
- 台数が増加することへの対応

短時間の通信しかしないようなデバイスでもアップデートモードなどをご検討ください

アップデートにおける考慮

- デバイスに対して一斉のアップデート通知
 - ネットワーク、バックエンドサービスに対して高負荷となる
 - N台ごとなどの分散（グループ配信）

また、一般的にデータ量的にはソフトアップデートのデータのほうが大きくなるために通信時間、通信量にも大きく影響を与えます。

セキュリティ対策の面

ネットワーク接続を悪用した不正アクセスや悪意のある攻撃を防ぐため対策

- セキュリティパッチあて
- 暗号化鍵・デバイス証明書に入れ替え

最後に

ガイドラインのダウンロードはこちらから

[トップ](#) » [ガイドライン](#)

ガイドライン

ここでは、SORACOM の利用と、IoT システム構築に必要な技術的な資料を掲載しています。

デバイス実装ガイドライン

概要

この資料は [SORACOM Air for Cellular](#) を通信手段として利用する IoT デバイス実装のガイドラインです。

IoT デバイスの開発や既存デバイスの選定にあたり、遵守いただきたい注意事項を紹介しています。法令遵守、標準仕様の採用、効率的なプロトコルの使用、データ通信量の最適化、セキュリティ対策などについて解説しています。

ネットワークのパフォーマンスを維持しつつ効率的なデバイスを設計するためのガイドラインとして遵守をお願いしたい内容となります。

こんな方を対象としています

IoT システムやIoT デバイスの設計・構築・運用に携わるエンジニアの方、ソラコムを利用するIoT デバイスを選定する方

[ダウンロードはこちら](#) »

<https://soracom.jp/guidelines/>

ガイドライン最後にチェックリストもあります

最終更新日: 2024/07/24

IoTデバイス実装チェックリスト

カテゴリ	詳細	推奨の実装
技適への対応 ※日本での利用の場合	IoTデバイスは技適を取得しているか	技適取得が必須
標準仕様への対応	IoTデバイスは3GPP等の標準仕様に沿ったデバイスになっているか	3GPP, GSMAの標準的な仕様に準拠している事を強く推奨
相互接続試験(IOT)への対応	IoTデバイス、または通信モジュールは利用するキャリアのIOTを行っているか	IoTデバイスや通信モジュールは利用するMNOネットワークのキャリアIOTが行われているものを選ぶことを強く推奨
【接続・通信の分散】 ・過度な接続や切断を避ける ・多数のデバイスの同期動作を避ける ・デバイスあたりのネットワーク接続数を減らす ・データ転送サイズを小さくする ・プロトコルを適切に選択する	・通常運用時の通信時間分散が可能か ・同時再接続を想定した接続分散が可能か	・特定時間帯にデータ送信を行う場合は通信時間を分散する実装を行う ・多数のデバイスが同時に接続を試行する場合を想定し、それを分散する仕組みを実装する
【通信容量・接続回数の最小化】 ・過度な接続や切断を避ける ・多数のデバイスの同期動作を避ける ・デバイスあたりのネットワーク接続数を減らす ・データ転送サイズを小さくする ・プロトコルを適切に選択する	・デバイスのネットワーク接続回数は必要最小限か ・データ転送サイズは適切か ・プロトコルを適切に選択しているか	・不要な接続(再接続)を行わない ・要件に応じてデータ転送回数、通信容量を必要最小限にする ・ハートビートはコネクションタイムアウトの直前に行う
【接続時間の考慮】 無線アクセス技術の動作を理解する	ネットワーク検索時間を考慮しているか	ネットワーク検索時間は最大で2~3分程度かかる事があるという前提でサービス、実装を検討する(検索中に通信不可扱いで再起動を行うなどの実装を行わない)
通信モジュールの動作を理解する	・ATコマンドによるネットワーク固定がされていないか	・AT+COPS自動モードを選択する(特定キャリアのみを指定する実装をしない)

過去の関連資料

IoTデバイスとは

- [経験ゼロから始めるIoTデバイス入門](#)

通信の選び方

- [徹底攻略セルラーLPWA](#)

通信プロトコルの選び方

- [デバイス、クラウドの双方向通信](#)

ユースケースベースでのデバイス設計

- [IoTデバイス設計におけるベストプラクティス](#)

資料は過去の発表資料ですが、重要ポイントの理解に役立つものがあります。

IoTの「つなぐ」を簡単に
You Create. We Connect.



SORACOM