

プライベートLTEから始める モバイルネットワーク活動

セコム株式会社 IS研究所

渡邊 直紀

信頼される安心を、社会へ。



自己紹介

渡邊直紀(わたなべ なおき) セコム株式会社
IS研究所 コミュニケーションプラットフォームディビジョン

経歴

2016年 横浜国立大学 環境情報学府 修了

・ソフトウェア保護技術の研究、セキュリティシステムの診断

2017年 セコム株式会社 IS研究所 入社

2018年 現グループに所属

・安心プラットフォームを実現するためのネットワーク技術の調査・開発がミッション

2019年 モバイルネットワークの研究を開始

・セコム独特の強みを生かせる活用法を考えたい！

普段使っているエディタ

VScode

ENOGは初参加なのでよろしくお願いいたします！

プライベートLTEとは？

- ・ 特定の組織にのみ割り当ての周波数帯ではなく
共用利用の周波数帯を使ったLTE
- ・ 周波数帯の候補は次の二つ
 - 免許不要
2017年に制度化された1.9GHz帯を利用するsXGP
 - 免許必要
2019年に制度化された2.5GHz帯を利用する自営等BWA

本発表では、免許不要のsXGPを使っています

アジェンダ

- ・ プライベートLTEの構築について
- ・ プライベートLTEの活用事例
- ・ まとめ

ご質問があればzoom上でチャットしていただければ回答します！

プライベートLTEの構築について

信頼される安心を、社会へ。



免許不要プライベートLTEの構築に必要な機材

1. sXGP基地局

2. EPC (Evolved Packet Core)

- OSSとしてはNext EPC, srsLTE, OAI(Open Air Interface), Free 5GC(Stage1)
- ノートパソコンでも動かせます

3. sXGP対応のUE(対応していても技適が取られていない場合もあるので注意)

- 動作確認出来たUE
VAIO S11, Surface ProX, Zenfone3, Zenfone6
 - ・ VAIO S11内蔵のLTEモジュール(Telit LN940)を付ければ, その他のPCで動作確認できた
- 技適が取られていてもだめだったUE
 - ・ iPhone X (日本版じゃなかったら掴める??)

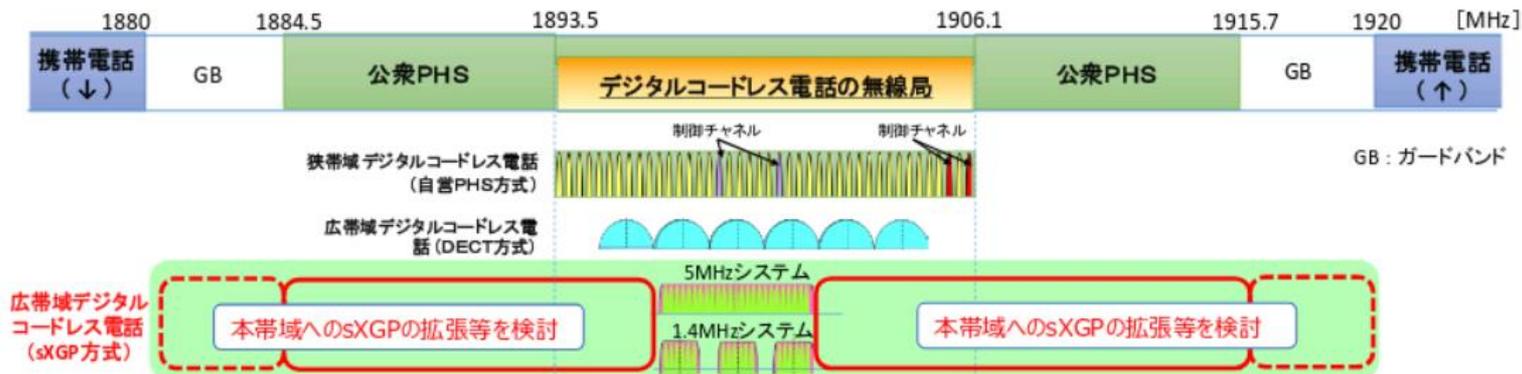
4. 内部情報書き換え可能なSIMカード

- IMSI (International Mobile Subscriber Identity) がデフォルト値では, 色々問題があるため...

ドイツのベンダからの購入が便利
ナノ, マイクロ両方扱ってます

sXGP方式について

- 2017年に1.9GHz帯の免許不要な無線局としてTD-LTE方式のsXGP (shared eXtended Global Platform) 方式が制度化
 - 自営PHSの後継として開発された無線規格
- 現在では5MHzの帯域で運用
 - DL12Mbps, UL4Mbpsのスループット
- 2020年7月に公衆PHSの音声サービスの終了に伴い空いた枠をsXGPの運用チャンネルへの割り当てが検討中
 - 実現すれば、数倍高速な通信が可能



1.9GHz 帯の周波数の割り当て状況

【出典】総務省「デジタルコードレス電波の無線局の行動化に係る技術的条件」

OSSのEPC

- NextEPC
 - MME, HSS, S-GW, P-GW, PCRFで構成
 - 加入者情報の登録がWebUI上で出来るのが魅力
- srsLTE
 - srsUE,srsENB,srsEPCで構成(SDRがあればこれだけでLTEシステム完成)
 - EPCはMME,HSS,S-GW,P-GWで構成
- Open Ari Interface (OAI)
 - 開発規模は他のプロジェクトに比べて大きい
 - 開発者向けで資料も多いが構成は複雑
 - EPCはMME, HSS, S-GW,P-GWで構成
- (参考)Free 5GC Stage1
 - EPCのエンティティの一部が5G仕様になっている
 - Stage1での構成はAMF, SMF,UPF, HSS, PCRF

NextEPCが使いやすかったので、NextEPCを説明します

Next EPCの導入手順

- **時間の都合で詳細は割愛**
 - 公式のgit, qiitaなどに一からの導入が丁寧にまとめられています
- **Next EPC導入のざっくり手順**
 1. gitの公式リポジトリからクローン
 2. mongodbなどの依存関係にあるソフトウェアのインストール
 3. コンフィグファイルに基地局のIPアドレスや, PLMNなどのキャリア情報を追加
 4. ビルド
 5. HSSにSIMの情報(IMSI, K, OPC)を登録
 6. PCRFにポリシーの定義を記述
 7. 実行

sXGP対応のUE

- Zenfoneシリーズは非常に簡単！
 - HSSに登録したSIMカードを挿すだけで完了
- PCではOSによって安定性が変わる
 - Windowsは簡単
 - Linuxはディストリビューションによって難易度が変わる
 - ・ 経験上Fedoraが安定

接続までの難易度に差があるだけで、性能自体に影響なし

プライベートLTEだから難しいというよりは
LTEを使う前提で設計されているかの違いですね・・・

結局UEとしてはどれがいいの？

- ・ **利用用途で選ぶべき**
 - **ただ通信が出来ればよい**
 - ・ Android, Windows
 - **カスタマイズして使いたい(ATコマンドで制御したい)**
 - ・ Linux
 - **SIMカードと連携したい(タブレットを動かすなど)**
 - ・ Android
- AndroidとSIMカードの通信はAndroid OSによって変わるので
API Level28 (Android 9.0) 以降のAndroid OS推奨

プライベートLTE運用の注意事項

- PLMN(Public Land Mobile Network) は, 44190にする
 - 基地局, EPCに設定する項目があります
- IMSIは, 全国陸上無線協会から取得する
 - SIMカードの内部情報の書き換えが必須
 - 一申請で最大5万台まで取得可能
- TAI (Tracking Area Identity) は, 電波産業会から取得する
 - 基地局, EPCに設定する項目があります
- ARIB STD-T118を読む
 - 上記の番号の取得手順も記載されています

上記で満たせない実験は電波暗室で

お金の話

Q.どれくらいお金かかるの??

A. 約30万円

プライベートLTEの活用事例

信頼される安心を、社会へ。



サービス展開を見据えた活用事例①

・ IIJ, 東京大学

Internet Initiative Japan Inc.

プライベートLTE網とパブリックLTEの相互運用

プライベートLTE網A (PLMN: 441-90) パブリックLTE プライベートLTE網B (PLMN: 441-90)

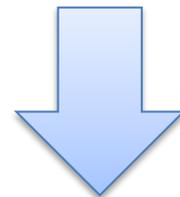
- プライベートLTE網をホーム網とし、パブリックLTEに対してはローミングで接続
- プライベートLTE網のカバーエリアから出ると、一度、圏外に落ちた後に、ネットワークサーチを行い、パブリックLTEに在圏
- パブリックLTEに在圏時は、定期的にネットワークサーチを行い、プライベートLTE網を発見した場合は、パブリックLTEとの接続を切断し、プライベートLTE網に在圏

©Internet Initiative Japan Inc. 16

プライベートLTEとパブリックLTEの相互運用における問題とその解決
【出典】IIJmio meeting 26

パブリックLTEも扱える
フルMVNO様の強み！

プライベートLTEの欠点
カバレッジが狭い！



プライベートLTEと
パブリックLTEの
相互運用化

パブリックLTE



SIM挿し換え不要で
エリア外でも通信可能



プライベートLTE
通信料0円で
無制限に通信可能！

サービス展開を見据えた活用事例②

- 埼玉医科大学，滋慶医療科学大学院大学とビー・ビー・バックボーン

医療システムにノイズは
与えてはならない

院内で通信可能なPHSが便利

2023年に全PHSのサービス停止...



パブリック LTE PHS

同じ周波数帯のsXGPなら
問題ないのでは？

医療機器8種類・37機種に
sXGP通信中のスマートフォンを近づけ
異常発生しないか検証！

(補足)

2014年に電波環境協議会の指針の策定により
パブリックLTEが使えるようになったが
手術室など重要な場所では禁じることが多い

結果：汎用薬液ポンプ，注射筒湯輸液ポンプにのみ異常
結論：PHS同等の注意をすればよい

セコムプライベートLTEを利用した研究

- ・ プライベートLTEに限らず
モバイルネットワークの研究を進めたかった

プライベートLTEによる研究の進め方のメリット

OSSのEPCも
3GPPの仕様に準拠

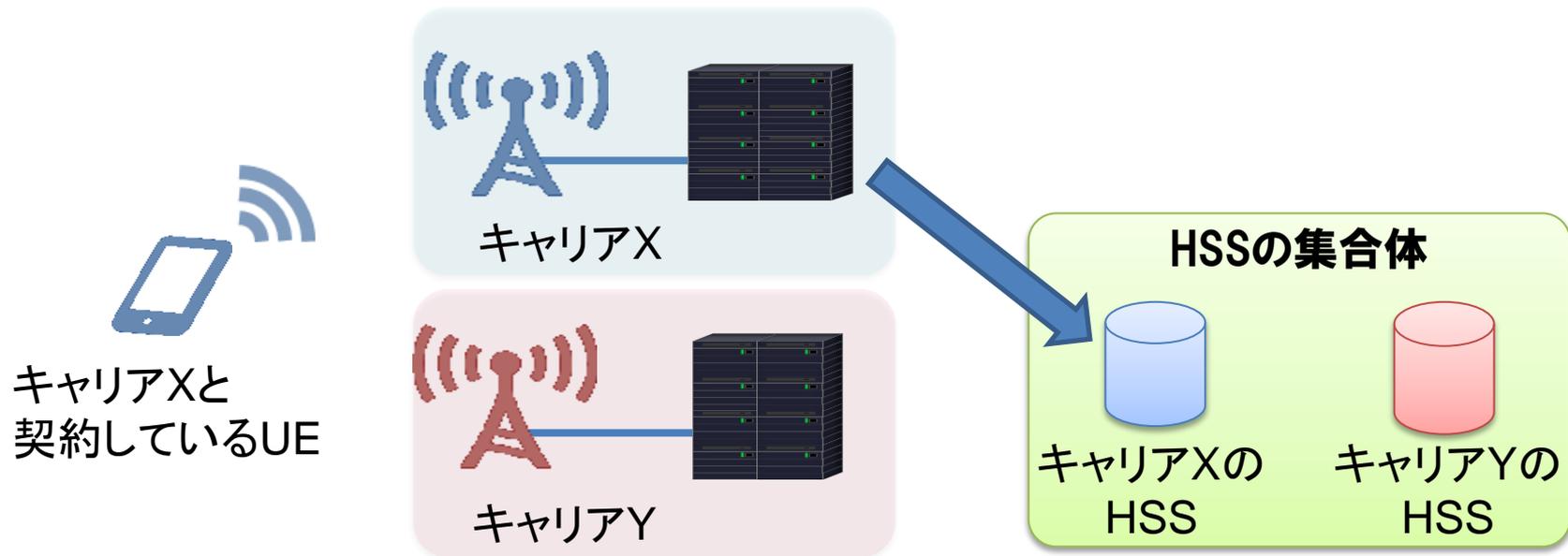
安価で**即座**に構築可能！

高いカスタマイズ性

複数キャリア構成や
MVNO構成なども手軽に実現可能

緊急時における加入者管理の相互アクセスの検討

- 可用性を向上させたEPS(Evolved Packet System)の構築・評価
 - プライベートLTEを2セット(2キャリア分)作り
 - 一方のキャリアの障害時に、別のキャリアで継続通信が可能
 - UEに特殊なキャリア選択技術の実装



この取り組みは2020年3月のNS研で発表扱い

緊急時における加入者管理の相互アクセスの検討

- 可用性を向上させたEPS(Evolved Packet System)の構築・評価
 - プライベートLTEを2セット(2キャリア分)作り
 - 一方のキャリアの障害時に、別のキャリアで継続通信が可能
 - UEに特殊なキャリア選択技術の実装

契約キャリア以外にも
アタッチを試みる



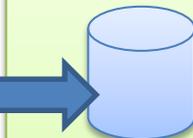
キャリアXと
契約しているUE



HSSの分離、相互アクセス許可により
障害時にも別のキャリアで通信可能

鉄道の振替輸送と同じ！

HSSの集合体



キャリアXの
HSS

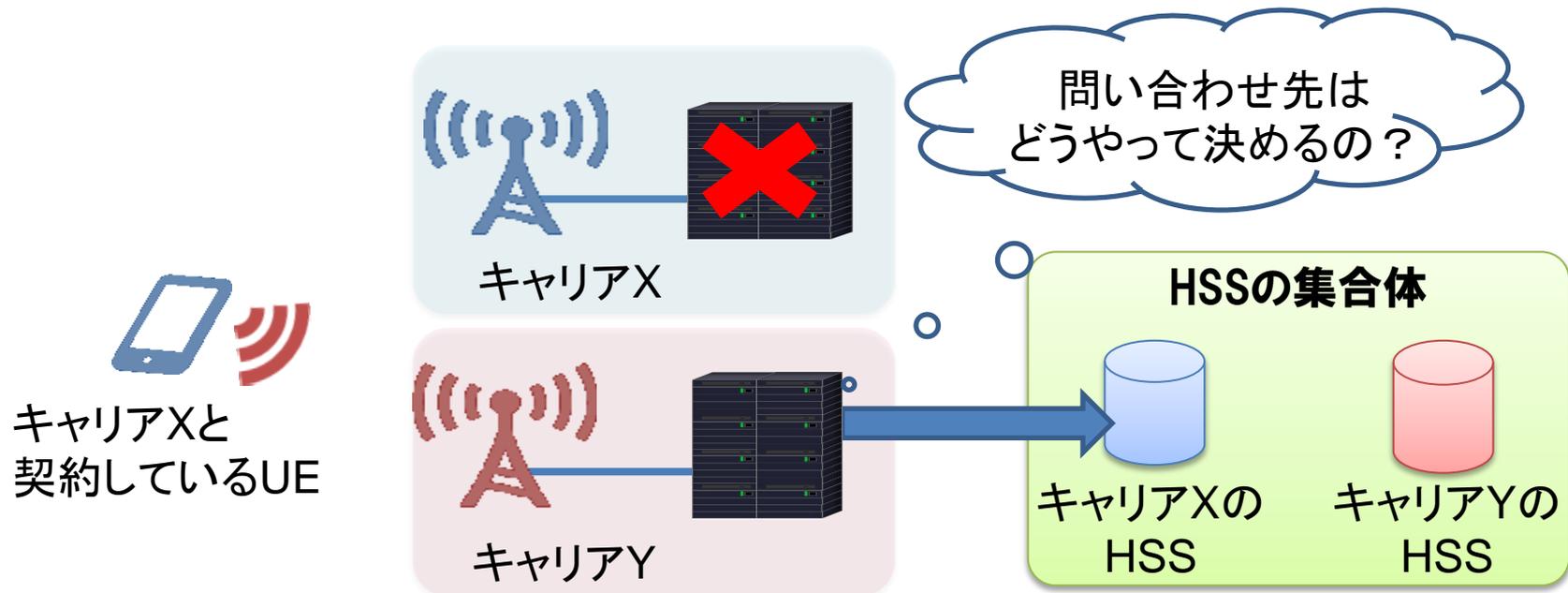


キャリアYの
HSS

この取り組みは2020年3月のNS研で発表扱い

緊急時における加入者管理の相互アクセスの検討

- 可用性を向上させたEPS(Evolved Packet System)の構築・評価
 - プライベートLTEを2セット(2キャリア分)作り
 - 一方のキャリアの障害時に、別のキャリアで継続通信が可能
 - UEに特殊なキャリア選択技術の実装



この取り組みは2020年3月のNS研で発表扱い

IMSIに応じた問合せ先の切替

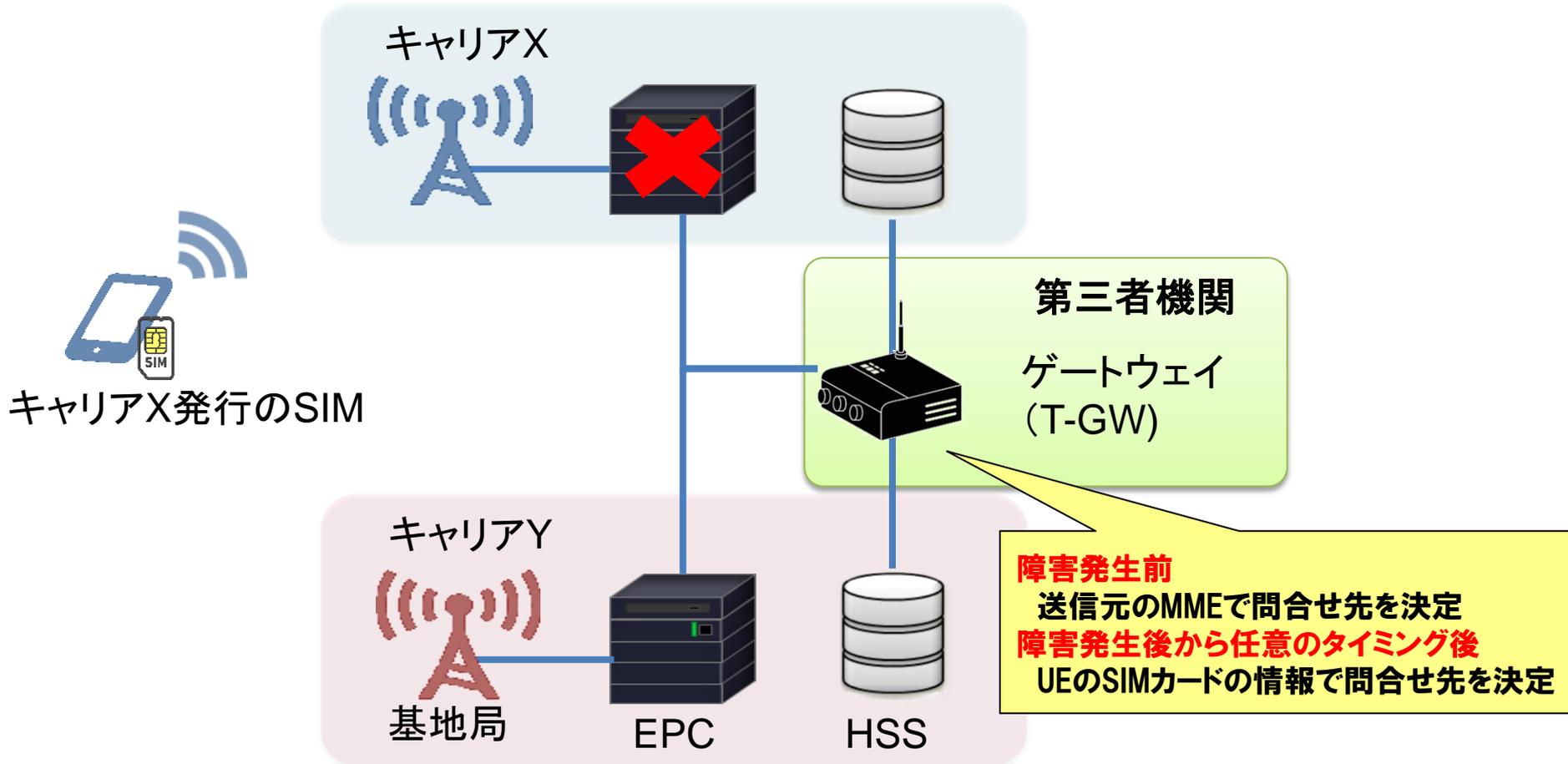
- 実現のための二つの方法
 - MMEの実装を弄る
 - **MMEとHSSの間にノードを追加**
- 理由
 - MMEの実装を弄るのは大変
 - MMEとHSS間の通信が単純だったので短時間で作れそう

```
Diameter Protocol
v AVP: User-Name(1) l=23 f=-M- val=
  AVP Code: 1 User-Name
  > AVP Flags: 0x40
  AVP Length: 23
  User-Name:
  > IMSI:
  Padding: 00
```

平文でIMSIなどが流れてる！

※IMSIはMMEとHSSの通信しか使わず
MME、SGW間の通信はTEIDでUEを識別するのでIMSIは気にしない

実際の構成



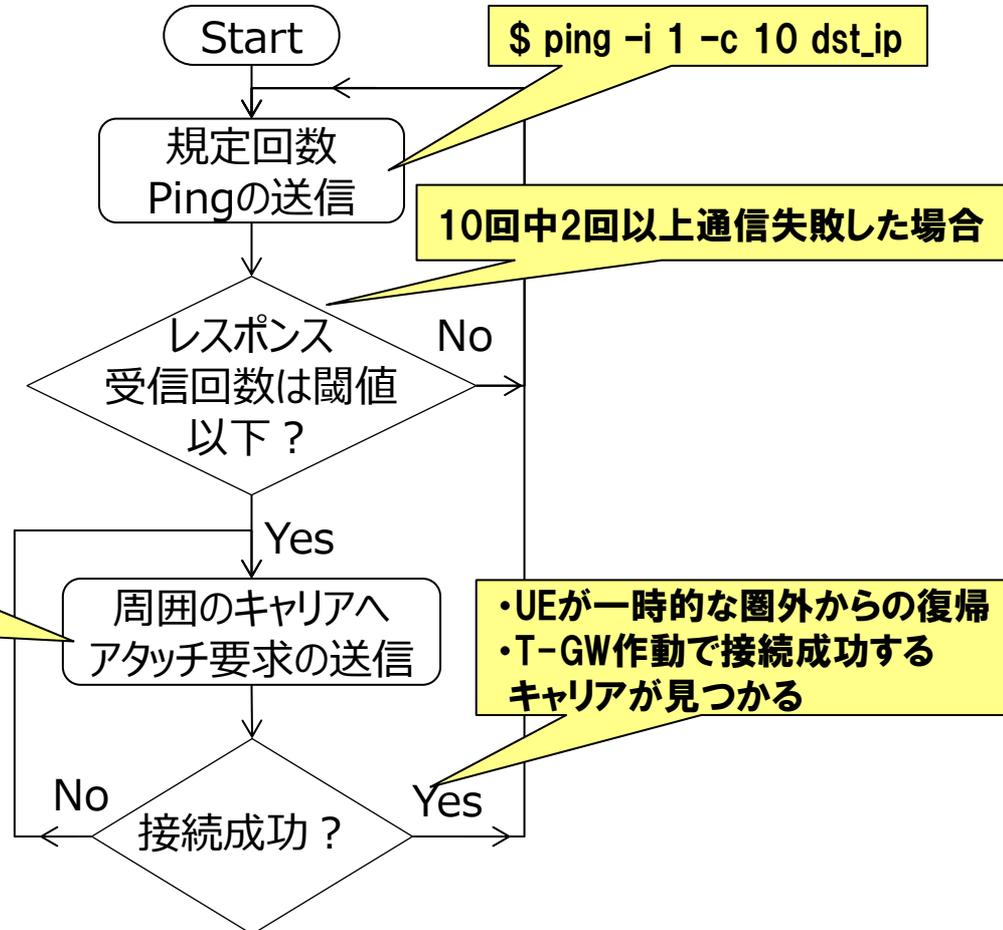
UEの途絶検知・キャリア選択技術

UEの概要

メーカー, 型番: VAIO VJPG11
OS: Fedora31
LTEモジュール: Telit LN940 AN

実行するATコマンド

ATZ ;ATコマンドで設定された値をリセット
AT+CGATT=0 ;データ要求
AT+CGDCONT=1,"IP",APN ;プロファイル設定
AT+COPS=2 ;オペレータ消去
AT+COPS=0 ;オペレータ自動設定
AT+QCCOPS=0 ;オペレータ自動設定
AT+CGATT=1 ;アタッチ要求



実験結果

- EPCを落としてから別のEPCに接続し、UEが通信できるまで約2分30秒
- UEを圏外に移動させ、元の場所に戻して通信ができるまで約30秒

今回はプライベートLTEによる特殊な公衆網の実験を行ったが
今後もいろいろ実験を検討中

まとめ

- ・ **モバイルネットワークをゼロから始め
丁度一年間で得られた知見の紹介**
 - 誰でもお手軽にネットワークオペレータになれるのは魅力的
 - 実際に触ると理解は早い！されど完全な理解への道のりはまだ長い
- ・ **モバイルネットワークを利用するユーザとして何ができるか？**
 - モバイルネットワークのアーキテクチャをすぐに改変するのは難しい
 - 出来ることから積み重ねていく(今までは完全に出来なかった)

ご清聴ありがとうございました！