

NWGN

加入者識別子（IMSI）の共用による セルラーIoT端末群の通信回線集約に関する検討

A Study of Aggregating Cellular Communication Lines
for IoT Devices by Sharing IMSI

○伊藤 学（NICT/阪大）
西永 望（NICT）
北辻佳憲（KDDI研）
村田正幸（阪大）

NICT 2015/11/18 関係者外秘 NICT Confidential Proprietary 1

発表の構成

背景 | 低コストIoTサービスに向けたセルラー網の取り組み

目的 | 端末・アクセス網側に透過的な通信回線集約の確立

提案 | IMSI共用によるセルラーIoT端末管理・通信手法

性能評価

まとめと今後の予定

NICT 2015/11/18 関係者外秘 NICT Confidential Proprietary 2

Background

IoTに向けたネットワーク技術

LPWA (Low Power Wide Area)

IoT向けのモバイルネットワーク技術として、**広範囲・低消費電力・低コスト(端末, 接続)**が求められている

セルラー網

- 広範囲
- 高セキュリティ
- バッテリー寿命短い
- 高コスト(端末, 接続)

セルラー網 + 低消費電力・低コスト に関する検討が進んでいる

NICT 2015/11/18 関係者外秘 NICT Confidential Proprietary 3

Background

IoTに向けたセルラー網の取り組み

低消費電力：単三電池2本で10年^[1]

- PSM(Power Saving Mode)により、消費電力を削減
 - 端末はほぼスリープ状態
 - Idle時のみ呼び出し及び通信が可能

低コストモジュール：1^[2]～5ドル

- RFハードウェアのシンプル化

広帯域 (20 MHz) → 狭帯域 (~1 MHz)
高速 (150 Mbps) → 低速 (0.2 Mbps)
MIMO → シングルアンテナ
FDD or TDD → 半二重通信

低コスト接続：十分ではない

- 仮想化技術によるハードウェア資源の効率的利用
- 通信制御の効率化による処理量(制御信号数)削減

[1] NOKIA White Paper, Nokia LTE M2M Optimizing LTE for the Internet of Things
[2] ERICSSON WHITE PAPER, LTE RELEASE 13, 2015

NICT 2015/11/18 関係者外秘 NICT Confidential Proprietary 4

Background

セルラー網のコアネットワーク

大規模にIoT端末を收容すると、端末の接続状態情報（ステート情報）が膨大化

- CAPEX/OPEX削減の面で問題となることが多い

セルラー網のコアネットワーク

- 端末・通信要件ごとにトンネルを使って通信制御
- 端末が無通信であっても、ステート情報を保持し続ける（トンネルを維持し続ける）

NICT 2015/11/18 関係者外秘 NICT Confidential Proprietary 5

Related works

情報量削減に寄与できる従来手法

ゲートウェイ端末による接続回線の集約

セルラー網と直接通信する端末を削減することで、コアネットワークが保持する情報量増加を抑制

課題1 | エンジニアリングが必要

- 広範囲に展開するIoTサービス → 複数ゲートウェイを用いた接続形態の設計が必要
- マルチホップ通信の併用 → 端末高機能化により省電力化に不利
ゲートウェイ数削減や接続形態設計の柔軟性向上

課題2 | 移動端末や端末密度によっては集約数が減る

- 端末側の状況次第で、ゲートウェアを介した通信ができない場合あり

NICT 2015/11/18 関係者外秘 NICT Confidential Proprietary 6

Goal and Requirements

研究目的

目的
 端末/アクセス網側はシンプルに、接続回線を集約可能な端末管理・通信方法を確立する

■ 対象端末

- 同じIoTサービス内で使われる端末
 - 通信ポリシー（データ送信周期、送信データ量）が同一
- 端末は電源ON後（コアネットワークへ登録完了後）、定期的にサーバへデータを送信

NICT 2015/11/18 関係者外秘 NICT Confidential Proprietary 7

Proposed method

提案アプローチ

- コアネットワーク内でのID（IMSI=通信回線）を集約
 - 下位レイヤのID（通信回線）は共通化し、上位レイヤでのみ個別IDで管理
- 複数の端末に同じIMSIを割り当て、順番に通信するように制御

コアネットワークでは、端末1台が移動と通信を周期的に繰り返す動作

NICT 2015/11/18 関係者外秘 NICT Confidential Proprietary 8

Proposed method

提案手法概要

通信タイミングを制御する方法

- 通信タイミング重複回避のため、タイミング間に一定間隔が必要 ← 負荷変動が存在するため
- コアネットワークにタイムスロットを導入し、再試行タイマー（Backoffタイマー）により端末の通信タイミングを合わせる

(IMSI共用時でも) デバイストリガーを提供する方法
 ※デバイストリガー：サーバ主導により端末アプリを制御・再起動すること

標準アーキテクチャへの機能追加による提案手法適用

NICT 2015/11/18 関係者外秘 NICT Confidential Proprietary 9

Proposed method

通信タイミングを制御する方法

データ送信周期 **タイムスロット**

- 端末がデータをアップロードする周期
- この周期内のタイムスロット数=1つのIMSIを共有可能な最大端末数
- 可状態の場合、Attach処理
- 不可状態の場合、Backoffタイマーを返答

NICT 2015/11/18 関係者外秘 NICT Confidential Proprietary 10

Proposed method

(IMSI共用時でも) デバイストリガーを提供する方法

PSM (Power Saving Mode) を利用

- あるベージングエリア（端末呼び出しをかける範囲）内に複数の端末（同じIMSI）が存在していても、特定の端末のみの呼び出しが可能

■ PSMタイマー値をサーバへ通知
 ■ サーバからの呼び出しとPSM復帰タイミングのずれを吸収

NICT 2015/11/18 関係者外秘 NICT Confidential Proprietary 11

Proposed method

標準アーキテクチャへの提案手法適用

Attach **データ送信時**

NICT 2015/11/18 関係者外秘 NICT Confidential Proprietary 12

評価

シミュレーション評価

基本性能の確認 | 共用端末数と登録完了時間（スロットに当てはまるまでの時間）

- Backoffタイマー | 一様分布のランダム値
- Slot time, Guard time | 余裕を持たせた想定値

シナリオ

- 端末は、ランダムに電源ONし、登録完了後は30分に1回データをアップロード
- 端末は、1秒ごとにセンシング情報（100byte）を記録
- データ送信レート：1Mbps（1回のアップロードに約1.5秒）
- Slot time: 5s, Guard time: 5s → 30分を各端末が10秒ずつ占有（最大180端末で一つのIMSIを共用可能）

変更パラメータ

- 共用端末数 | 50~180
- 電源ONタイミング | [0, 60s], [0, 1800s]
- Backoffタイマー範囲 | [0, 60s], [0, 120s]

評価項目

- 最大登録完了時間
- 再実行回数

2015/11/18 関係者外秘 NICT Confidential Proprietary 13

性能評価

結果：共用端末数と登録完了時間の関係

現実的な時間で登録完了するには、**1つのIMSIを共用できる端末数は120台**

- 省電力のため、早く登録完了して、スリープ状態に移行できることが望ましい
- Backoffタイマー値を小さくすることで、登録完了時間を削減できる**
- ただし、再実行回数が増加する（次スライド）

電源ON：一気に
電源ON：徐々に

タイマー範囲 小[0-60s] 大[0-120s] 小[0-60s] 大[0-120s]

2015/11/18 関係者外秘 NICT Confidential Proprietary 14

性能評価

結果：各シナリオにおける再実行回数（120台共用）

コアネットワーク内への影響を削減するため、Backoffタイマーのアルゴリズム検討が必要

- 再実行回数多い
- Backoffタイマー範囲を短くすると、再実行回数が増加
- 再実行回数少ない
- Back-offタイマー範囲を変えても、変化なし

電源ON：一気に
電源ON：徐々に

タイマー範囲 小[0-60s] 大[0-120s] 小[0-60s] 大[0-120s]

2015/11/18 関係者外秘 NICT Confidential Proprietary 15

まとめと今後の予定

まとめ

目的 | 端末側でのエンジニアリングを必要としない通信回線集約

結論

一つの通信回線を複数IoT端末が時間分割で利用する回線集約手法を確立
→ ステート情報を**1/100**以下に削減可能

- 同じIMSIを複数IoT端末に割り当て、タイムスロットを用いてタイミング制御
- 1つのIMSIで100台以上が通信可能

ステート情報量削減によるCAPEX/OPEX削減効果

IoT向けMVNOにとって特に効果あり

今後の予定

- コアネットワーク内負荷に対する耐性の確認（タイムスロットの適正値を調査）
- 再実行回数削減に向けたBackoffタイマー検討

2015/11/18 関係者外秘 NICT Confidential Proprietary 16