

# 「バッテリーレスセンサの分散協調による Sustainable IoT基盤開発」 —バッテリーレスIoTの実現に向けて—

内山 彰(大阪大学大学院情報科学研究科 助教) ✉ uchiyama@ist.osaka-u.ac.jp

## 研究背景

- Internet of Things (IoT、モノのインターネット)普及への期待
- 現実世界にある1.5兆個のモノのうち99.4%はインターネット未接続
- メンテナンスの手間(バッテリーの充電・交換)が膨大に

## 研究目標

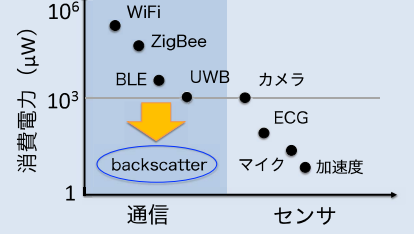
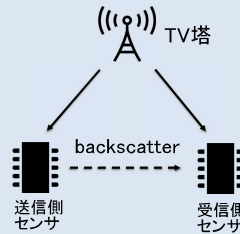
分散協調によってバッテリーレスセンサの性能を向上させ、IoT普及を実現

(一つ一つのセンサは非力でも、複数センサの力を合わせてできることを増やす)

## ACT-Iでの取り組み

### アイデア

ambient backscatterで通信の消費電力を大幅に削減

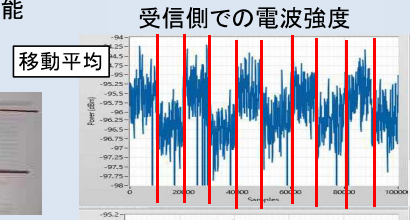


- 身の回りに既にある電波を反射/吸収して通信
- 光を鏡で反射させて点滅パターンを作り、通信するのと同じ
- 超低消費電力での通信が実現可能

### センサの試作と再現実験

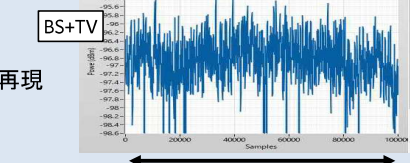


- ダイポールアンテナ(全長1/2λ=約27cm)
- マイコン(MSP430)
- TV電波によるambient backscatter通信の再現
  - TV塔が見える1km離れた場所で、送信距離10cm@100bps
  - 1m@1kbps成功の報告あり



### 分散協調方式の設計

- 不要なセンサ起動を抑制する方式の考案
- 複数の装着型センサによる移動状況推定の精度向上をターゲットに検討
  - シナリオ: 取得した加速度データをbackscatterで集約し、歩行/静止/電車/バスを推定
  - 光・振動発電で得られる電力の範囲で実現可能なデータ取得頻度を検討
  - 両足の加速度を組み合わせて、正解率76% → 89%に向上



## 関連研究

### センサの省電力化

#### 環境発電型センサの活用

- 発電したエネルギーをできる限り効率良く利用
- 独自通信規格の設計(EnOcean, Wi-SUNなど)
- 通信頻度・速度や機能を制限
- 通信コストが高いため、センサ協調(通信)を避けて省電力化

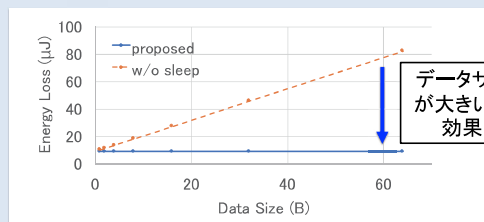
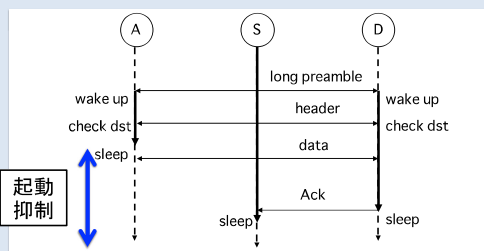
### backscatter

#### ambient backscatter

- TV電波を利用したbackscatter(1kbps@1m)
- Passive WiFi
- Plug-inデバイスを活用したWiFi型backscatter(数Mbps@数m)
- LoRea
- 周波数シフト+highly sensitive narrow-band receiver(197kbps@175m)
- 消費電力、電波発生源の想定等が異なる様々な方式が存在

## ambient backscatterにおける不要なセンサ起動の抑制

- 通信時に、関係ない近隣センサも起動してしまうため、電力の無駄になる
- ambient backscatterでは、データ送信の検出をアナログ回路で実現
- ヘッダに通信期間を付与することで、その後の起動を抑制する仕組みを考案



データサイズが大きいほど効果大

## バッテリーレスセンサの性能検討



評価用センサ (加速度センサADXL362+マイコンMSP430)

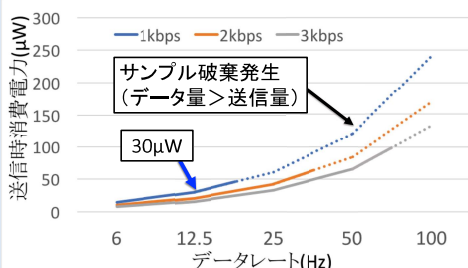
- バッテリーレスセンサでセンシングしたrawデータをbackscatter通信で送信した場合の消費電力を評価
- 低ビットレートほどマイコンの起動時間を短くできるため低消費電力
- ただし、同じ量のデータを送るなら高ビットレートほど消費電力は低い
- 結果的にマイコンの合計起動時間が短くなるため

### backscatterの消費電力

送信ビットレート	消費電力
1kbps	50μW
2kbps	70μW
3kbps	80μW

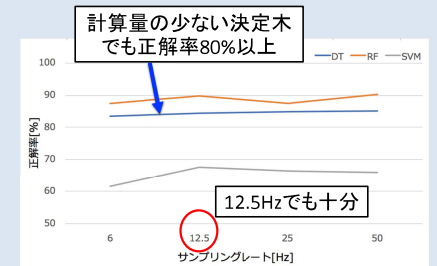
### 環境発電量

発電手法	発電量
圧電素子(靴)	~1mW
電波	1μW~60μW
フォトダイオード	15μW(1cm <sup>2</sup> ,500lux)



## 複数センサを組み合わせた機械学習による移動状況推定

- SVM/決定木/Random Forest
- ハイパスフィルタを適用し、重力の影響を除去
- 特徴量: 平均、分散、尖度、歪度、信号パワー、共分散、2乗平均平方根
- スライディングウィンドウ幅5秒、50%重複



## 今後の展開

- ISM帯でのbackscatterの活用
  - TV電波では利用可能な環境が限定的なため
- 課題解決型のアプローチによる、アプリケーションも含めた統合設計
  - 工場、農場、商業施設、オフィス、住居など
- バッテリーレスセンサとスマートフォンなどの高機能デバイスの連携