

# 人流解析のための Wi-Fi パケットセンサとアクセスポイントが共存するハードウェアの開発

薄井 雅貴<sup>†</sup> 大村 廉<sup>‡</sup>

豊橋技術科学大学<sup>†</sup> 豊橋技術科学大学<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

現在, AI, IoT 等の技術を活用して生活空間を支援する Smart City に関する取り組みが活発に行われている<sup>[1]</sup>. 自治体や店舗によるインターネットアクセスサービスのための Wi-Fi アクセスポイント (AP) の設置は今や当然の情報インフラとして行なわれている. また, Wi-Fi をパケットセンサとして用い, 「まちなか」の人流解析を行なう取り組みが行なわれている<sup>[2]</sup>. これらは, 同じ無線ハードウェアを用いるものであり, 理論的には一つの端末で実現可能であるが, そのような事例に関する報告はあまり多くない. これらの機能を一つの端末で実現することで, 設置コストの低減を望むことができる.

寺部らは, Wi-Fi パケットセンサを用いた人流解析の研究論文を包括的にレビューしている<sup>[3]</sup>. しかし, Wi-Fi パケットセンサ機能と AP 機能が共存するハードウェアを用いて人流解析をしているものは取り上げられていない. また, Kai らは, 2つの Wi-Fi アダプタを用いることで Wi-Fi パケットセンサ機能と AP 機能を共存させたハードウェア実現している. この研究では, 機器の AP 登録設定の違いによる機器からの Probe Request データの平均送信間隔や, 歩行者の速度による検出率等を調査している<sup>[4]</sup>. しかし, このような Wi-Fi パケットセンサ機能と AP 機能を同一ハードウェア上で実現した事例は少なく, また, 同一ハードウェアで実現した場合においても AP 機能が Wi-Fi パケットセンサの Probe Request データの収集に与える影響は明らかではない.

そこで, 本研究では AP 機能と Wi-Fi パケットセンサ機能が共存する装置を開発し, AP 機能が Wi-Fi パケットセンサ機能の性能へ与える影響を調査した. 単一の Wi-Fi アダプタで Wi-Fi パケットセンサ機能と AP 機能を実現することも考えられるが, 本研究では, 一つの制御端末に 2つの Wi-Fi アダプタを設置し, それぞれ別の Wi-Fi アダプタで実現した. そして, 本装置の AP に接続する機器数を変化させつつ Wi-Fi パケットセンサの Probe Request データの収集を行い, その性能にどのように影響を与えるのかを明らかにした.

## 2. 実装

本研究で開発した装置全体の構成を図 1 に示す. Raspberry Pi 本体と 2つの外付け Wi-Fi アダプタを用いて, Wi-Fi パケットセンサ機能と AP 機能を同一端末上で実装した. Wi-Fi パケットセンサでは Wi-Fi パケットセンサ用の Wi-Fi アダプタを用いて Probe Request データを収集した. 同時に, AP 機能では Wi-Fi AP 用の Wi-Fi アダプタを用いて接続機器に対してインターネット接続を提供した. それぞれ有線 (Ethernet) 経由で Probe Request データに関する情報 (取得時間, 受信信号強度 (RSSI), MAC アドレス) のサーバへの送信, およびインターネットアクセスの提供を行った.

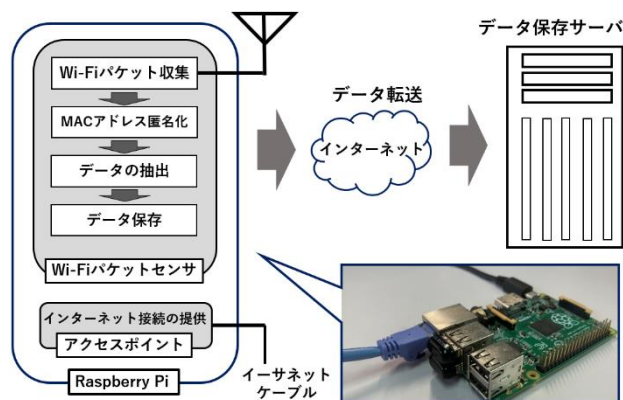


図 1. システムの構成

## 3. 評価方法

本装置において Wi-Fi AP 機能が Wi-Fi パケットセンサの Probe Request データの収集にどのような影響を与えるのか評価をおこなった. 本装置 AP への接続台数を変化させつつ周囲の Probe Request データを収集し, 検出数の変化を評価した. 具体的には, 本装置の AP に機器を 0 台接続して取得した時の Probe Request データと X 台 (X = 1, 2, 3, 4, 5) 接続した時の Probe Request データを, 以下の 2 つについて比較した.

- Probe Request データに含まれる RSSI 値
- 各時間における取得数の差

### 3.1 RSSI 分布

まず, 本装置の AP に接続する機器の台数が増えることによって, 同一端末上の Wi-Fi パケットセンサ機能が受信する Probe Request データに含まれる RSSI 値がどのように変化するのか評価した. AP へ接続している機器の台数が異なる複

数の装置を同時刻・同環境に設置して測定を行い、取得した Probe Request データに含まれる RSSI 値の分布を比較した。

### 3.2 取得数の差

本装置の AP に機器を 0 台接続した場合と X 台接続した際の、Probe Request データの取得数の差を比較した。Probe Request データの取得数の集計間隔は 10 分である。

## 4. 評価結果

### 4.1 RSSI 分布

機器の接続台数が 0, 3, 5 台の場合の Probe Request の RSSI 分布を図 2 に示す。図 2 より、AP の接続台数が増えるほど RSSI の分布が右にシフトしていくと共に、RSSI 分布の中央値が悪くなっていったことがわかる。

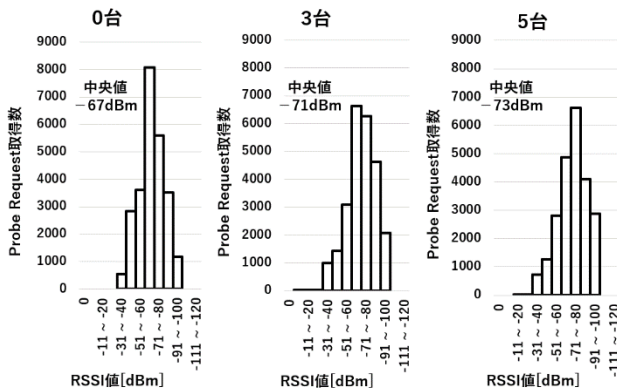


図 2. RSSI 分布(0 台, 3 台, 5 台)

### 4.2 取得数の差

Probe Request データの取得数の変化の結果を図 3 に示す。なお、図 3 の縦軸は 0 台接続時の取得数を 1 とした時の相対的な割合を示す。図 3 より、AP に接続する台数を増やしていくにつれて Probe Request 取得数が減少する傾向があることがわかる。5 台接続した場合では 1 台も接続しなかった場合 (0 台接続) に比べて Probe Request データの取得数は約 1 割減少した。

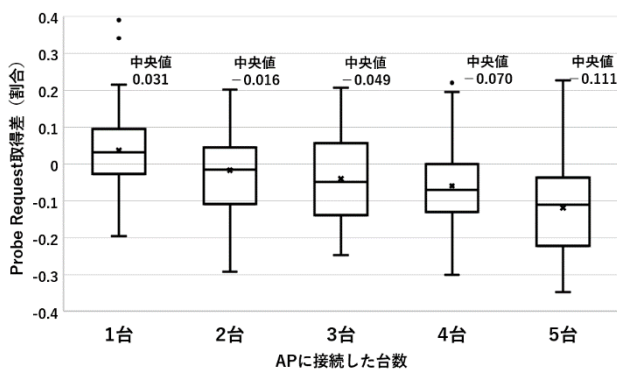


図 3. AP 接続台数による Probe Request データの取得差の割合

## 5. 考察

図 2, および, 図 3 の結果から, 本装置の AP に接続されている機器台数の増加によって, 取得される Probe Request の RSSI が悪化すると共に, その取得数も減少することがわかった。このため, Wi-Fi パケットセンサとして微弱な Probe Request まで含めて周囲の機器数を考慮する場合や, RSSI 値を用いて機器との距離を推定する場合などは AP への機器接続数を考慮しつつ行なう必要があると考えられる。そのような場合には, 例えば AP に接続する台数によって RSSI 値を補正するなどの対応が必要となると考えられる。

## 6. まとめ

本研究では, Wi-Fi パケットセンサ機能と AP 機能が共存するハードウェアの開発を行った。そして, AP 機能が Wi-Fi パケットセンサ機能の性能に与える影響を調査した。結果から, AP に接続する台数が増えるほど, 取得される Probe Request データの RSSI が低下するとともに, その取得数が減少する傾向があることがわかった。このため, 微弱な受信強度の Probe Request データまで利用する場合や, RSSI 値を直接使用する場合には補正などの対応が必要になると考えられる。

## 参考文献

- [1]内閣府. “スマートシティ - Society 5.0 - 科学技術政策 - 内閣府 (cao. go. jp)”. 内閣府 Cabinet Office. 2021 年 4 月 9 日. [https://www8.cao.go.jp/cstp/society5\\_0/smartcity/index.html](https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/smartcity/index.html), (2021 年 12 月 18 日)
- [2]望月祐洋, 鬼倉隆志, 福崎雄生, 西尾信彦. Wi-Fi パケット人流解析システムの実環境への適応. 「マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM2014) シンポジウム」, 平成 26 年 7 月
- [3]寺部慎太郎, 一井啓介, 柳沼秀樹, 小野瑞樹, 田中皓介, 康楠. Wi-Fi パケットセンサーを用いた歩行者行動・観光客周遊行動研究の包括的レビューとそれを踏まえた分析例示. 土木学会論文集 D3, Vol.75, No.5, I\_669-I\_679, 2019.
- [4] Kai Li, Chau Yuen, Salil S.Kanhare. SenseFlow: An Experimental Study of People Tracking. RealWSN '15: Proceedings of the 6th ACM Workshop on Real World Wireless Sensor Networks, November 2015, Pages 31-34, <https://doi.org/10.1145/2820990.2820994>