

# マルチアクセスポイント環境における WiFi 信号データの可聴化の試み

Trial of data sonification for WiFi signal data in a multi-access points environment

早勢 欣和  
HAYASE Yoshikazu

修 (工) 富山高等専門学校 (〒 933-0293 富山県射水市海老江練合 1-2, E-mail: hayase@nc-toyama.ac.jp)

Communication with WiFi may become unstable under a multi-access point environment because WiFi signals may interfere with each other. Sonification information can be perceived even while multitasking, whereas visualized information requires focused attention to observe. A Web-based PSE system for this trial generates sounds from time-series data with each access point's radio field strength, etc. This trial examines the effectiveness of data sonification to validate the WiFi environment status.

**Key Words :** Problem Solving Environment, Distributed System, Sonification, Multi-access point

### 1. はじめに

現象の観測で得られる数値データ群を可視化し画像や動画とすることは、振舞いなどを認識するうえで効果的だが、観測者は見る行為のために他の作業を停止する必要がある。これに対し可聴化の場合は視野を邪魔しないため、他の作業を並行しながら観測できることが期待できる [1][2]。

今回は、マルチアクセスポイント環境における複数の WiFi 信号データの可聴化を試みることで、現象の状態変化を「ながら観測」することを可能とするために構築したデータ可聴化システムについて述べる。

### 2. Web ベース PSE システム構成

マルチアクセスポイント環境における可聴化による WiFi 信号観測システムは、Web ベース PSE[3] として構築する。システムは、

- WiFi 信号計測機器
- サーバ
  - 可聴化データ生成
  - 可聴化データ配信 Web サーバ
  - アクセスポイント情報管理データベース
- 可聴化データ再生クライアント
  - Web ブラウザ

で構成されるが、観測ユーザはインストール作業を行う必要はなく、普段使用している Web ブラウザで利用できる。図 1 に、Web ベース PSE システム概念図を示す。

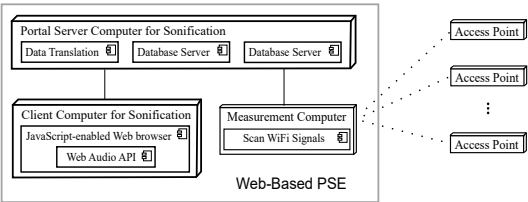


図-1 Web ベース PSE システム概念図

### 3. ネットワーク環境

今回の検証におけるマルチアクセスポイント環境には、スマートフォンによるテザリングやコンピュータによるモバイルホットスポットなどが混在する。図 2 に、ネットワーク構成概念図を示す。アクセスポイントは、

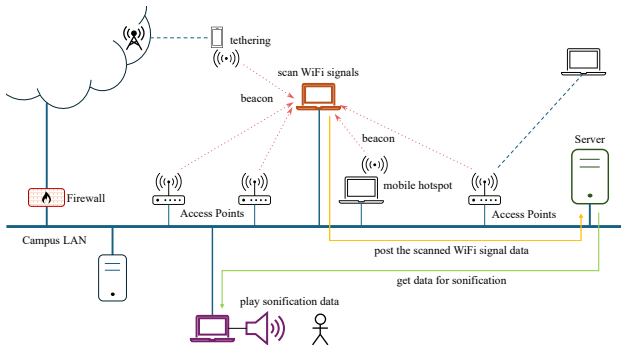


図-2 ネットワーク構成概念図

自分の無線 LAN の範囲内にあるコンピュータ機器と無線通信を行うが、その中には、すでに接続して通信している機器だけでなく、接続を試みている機器も含まれる。WiFi 接続を試みている機器は、周囲の複数のアクセスポイントから送られてくる信号を受信し、最も適切なものに接続しようとする。

### 4. WiFi 信号計測

#### (1) ビーコン

アクセスポイントは、SSID ブロードキャストが有効であれば、設定された一定間隔でビーコンを送信する。計測機器は、アクセスポイントからのビーコンをパッシブスキャンして WiFi ネットワーク環境に関するデータを収集する。計測機器はスキャンで取得する、アクセスポイント毎の bssid, ssid, frequency, signal などの情報をサーバに送信する。

## (2) WiFi 信号強度

アクセスポイント毎にビーコン送信のタイミングは異なるため、一度のスキャンで全てのアクセスポイントのビーコンを受信できないので、一定間隔でスキャンを繰り返す。図 3 に、2.4GHz 帯について 5 秒間隔でスキャンした WiFi 信号強度変化を表すグラフの例を示す。スマートフォンでテザリングを有効にした際の強い信号が、9:07:30 から 9:10:00 あたりに出ている。

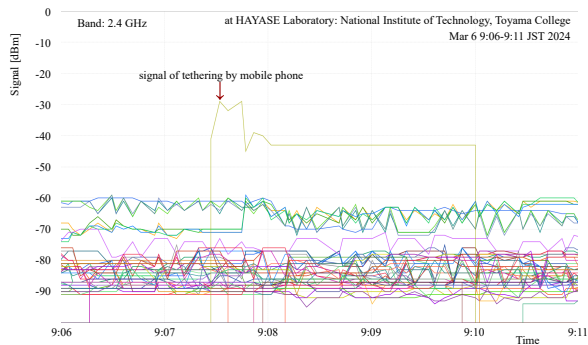


図-3 WiFi 信号強度変化例

## (3) アクセスポイント情報管理

計測機器が取得したアクセスポイントの情報は、アクセスポイントごとのプロパティとしてデータベースに記録し管理する。各アクセスポイントの bssid, ssid の値は、設定を変更しない限り計測において一定である。アクセスポイントによっては、frequency を自動変更する機能を有するものもあるが、頻繁に変わる可能性は低い。しかし、signal は計測時刻毎に変化するので、最大値、最小値、平均値を記録する。ただし、ビーコンを検出できないタイミングもあることから、検出した際のみ、値を更新することとする。

計測は長時間行うことになるので、検出頻度に関するデータとして、計測地点周辺のアクセスポイントの検出割合を、検出回数に応じて求め記録する。

## 5. 可聴化

WiFi 信号データの可聴化において、マルチアクセスポイント毎に割り当てるピッチや音符は、計測データとデータベースに記録されているプロパティ情報とを照合して決定する。計測機器が取得した時点におけるマルチアクセスポイントに対して行う。生成する譜面は、計測機器のサンプリング周期に基づくが、例えば 1 小節分の再生時間分などとするため、場合によっては配置の設定も行う。

### (1) bssid

アクセスポイントを一意的に識別できるプロパティである各 bssid に最適値 id を割り当て、例えば式 1 のようにピッチは A4 音を基準として決定するなどする。

$$pitch_{id} = 440 \times 2^{\frac{id}{12}} \quad (1)$$

なお、ピッチは人間の可聴域である約 20Hz 程度から 14,000Hz あるいは 20,000Hz 程度の範囲内とする。

## (2) ssid

WiFi 利用時においてアクセスポイントを識別するために使用する ssid は、衝突を回避する設定は可能だが、WiFi 接続設定を変更しないで別フロアでも利用できるなどといった利便性を目的に、同じものに設定されていることがある。このため、ssid を可聴化のためのパラメータとする場合、どのアクセスポイントであることがわかるように工夫が必要である。ただし ssid の値と全く脈絡なく可聴化すると、ssid が衝突していることを把握できなくなるため、それぞれに異なるオクターブのピッチを割り当てるなどする。

## (3) frequency

アクセスポイントに設定する frequency は、他と干渉しない設定とすることや、周辺とは異なるように自動調整するものもあるが、不通エリアを解消するために台数を増やさざるをえない場合、衝突は免れない。このため、単に frequency の値のみからピッチを決定するとアクセスポイントを識別できなくなるため、データベースに記録されているアクセスポイントのプロパティ情報も用いて、オクターブを変更するなどする。

## (4) signal

アクセスポイントの設定で出力する WiFi 信号強度は決定できるが、受信時の強度は変動する。音符を再生する際の音量に信号強度の値を反映させることで、強弱などを表現することができる。

## (5) データベース記録情報

変動する signal に関して、データベースには最大値、最小値が記録されている。また、計測地点周辺の bssid の検出割合情報もあるので、これらについてもパラメータとして譜面に反映させるなどする。

## 6. 可聴化データ配信・再生

### (1) 配信サーバ

計測機器が取得したアクセスポイントの情報から可聴化された可聴化データは、JSON データファイルとして Web サーバのデータ領域に記録する。配信要求が生じた際に JSON データファイルを読み取るが、JSON データファイルの記録時にファイルロックとタイミングが重なると配信できないことになるので、最後に配信した際のデータを JSON データファイルとして Web サーバのデータ領域に記録しておく。

### (2) 再生クライアント

Web サーバに配信要求し受信した JSON データは、ユーザが普段利用している Web ブラウザで再生する。Web ブラウザは JavaScript が実行可能であればよく、特別なプラグインは必要ない。可聴化データの再生時間の終了にあわせて、Web サーバに次のデータの配信を要求する。

## 7. おわりに

数値データ群を可聴化し観測するシステムを、ネットワーク上に分散配置した複数のコンピュータによる構成による Web ベース PSE として構築した。今回は、マルチアクセスポイント環境における複数の WiFi 信号データを対象に可聴化を試み、計測による数値データに基づいて単純な音譜を生成し、再生により確認した。

計測地点や時間帯、さらには天候にもよるが、図 3 における計測時には、2.5GHz 帯と 5GHz 帯の総数で 130 以上の bssid からのビーコンを受信した。一回の計測で受信できるビーコン数は増減し、bssid の組合せも一定ではない。信号強度は bssid 毎に様々であり、通信に使用できない信号強度が弱いものも含まれるが、平均強度が強いものであっても、最大と最小の差が 40[dBm] となるものがある。さらには、スマートフォンによるテザリングやコンピュータによるモバイルホットスポットなど、突発的に介入してくるなどする。

今回の試みでは、音譜の生成においては、信号強度の低いものについてはピッチを割り当てないなどして、一度に多数の音を再生しないようにした。また、同一 ssid については、いずれかのピッチを基準としてオクターブを変更して割り当てることをした。なお、ssid に関しては 25 以上が確認されていることから、1 オクターブ内にピッチを割り当てるために、式 1 を修正した。bssid 毎に最適なピッチの割り当てについては、計測時間があ

る程度経過した段階における、データベースに記録された bssid の検出割合情報に基づいて行うなどしたが、最適な割り当てについては、今後、検討が必要である。

「ながら観測」者によっては、注目するアクセスポイントがあると考えられることから、こうした特別な者に対するピッチの割り当て支援などもシステムに機能を追加する必要がある。さらには、異常状態を検知しやすくするなどのために、音符の割り当て、譜面上の配置などについても検討できればと思う。

## 参考文献

- [1] Kramer, Gregory; Walker, Bruce; Bonebright, Terri; Cook, Perry; Flowers, John H.; Miner, Nadine; and Neuhoff, John, Sonification Report: Status of the Field and Research Agenda, *Faculty Publications, Department of Psychology*. 444, 2010
- [2] 早勢 欣和, 分散システム振舞い検証のための可聴化の試行, 計算工学講演会論文集, Vol.28, D-04-05, 2023
- [3] Yoshikazu Hayase, Shigeo Kawata, A Middleware Wapase for a Web-Based Pse Development Support by Module Cooperation, *Proceedings of International Workshop on Data-Intensive Scientific Discovery and Applications*, 2013, pp.25–30