

6D-06

通信混雑環境における都市 Wi-Fi アクセスポイントの追加設置支援

梶田 宗吾*¹ 岩崎 博生*¹ 天野 辰哉*¹ 山口 弘純*¹ 東野 輝夫*¹ 高井 峰生*^{1,*2}
¹ 大阪大学 大学院情報科学研究科 ² カリフォルニア大学 ロサンゼルス校, UCLA
 { s-kajita, t-amano, h-yamagu, higashino, takai }@ist.osaka-u.ac.jp

1 はじめに

2020年の東京オリンピック・パラリンピックといった巨大イベントの開催に合わせて、パブリックスペースにおける Wi-Fi 通信の可用性向上やユーザビリティ強化に向けた動きが活発となっている。こうしたイベント時の一時的な Wi-Fi 利用者の増加に対し、臨時 Wi-Fi アクセスポイント (AP) の追加設置は、収容数増加の観点から非常に有効な手段であると考えられている。しかし、特に都市部は様々なサービスがカバレッジ向上のため Wi-Fi AP を密に設置している一種の競合状態にあり、通信混雑環境における混沌とした周波数利用に拍車をかけている。そのため、イベント主催者が臨時 AP の追加設置を行う際には、周辺に設置されている AP の周波数利用状況などを考慮した適切な計画が必要である。

そこで本研究では、過密な展開かつ無秩序な周波数帯域の利用による電波干渉とそれに伴う通信品質の低下を避けるため、臨時 Wi-Fi AP 追加設置支援として、周辺環境に合わせた適切なチャンネル設定手法を提案する。2.4GHz Wi-Fi のチャンネル割り当てには部分的なチャンネルの重畳が存在し、同一チャンネルだけでなく隣接するチャンネルへも送信電力の影響がある。そのため、周辺で稼働する AP の利用チャンネルと重なるの無いチャンネルを選択すると良いとされるが、通信混雑環境にある都市部では完全に干渉のないチャンネルを選択できる状況は想定できない。加えて、チャンネル上に流れるトラフィックとその受信信号強度の組み合わせによる干渉影響の多様性を含めて考慮しつつ、適切なチャンネルを選択することは困難である。そこで、近年検討されている部分的に重なりのあるチャンネルの活用 [1] を前提とした、ネットワークキャパシティの増加およびネットワークスループットの向上を目指す。我々はこれまでの研究において、導入の容易さを考慮し汎用の Wi-Fi チップセットで動作可能な、MAC フレームセンシングに基づく各チャンネルの通信品質予測関数の設計を行っている [2]。本稿では、提案した通信品質予測関数を用いて、図 1 に示す大阪市の御堂筋における臨時 AP 追加設置を想定したシナリオにおいて、新たに設置する AP が通信品質が最良となるチャンネルを選択することができることを示す。より現実的なシナリオ構築を行うため、AirPcap [3] というパケットキャプチャを用いたトラフィック実測を実施した。また、我々の研究グループで構築した大阪市 Wi-Fi 電波マップ [4,5] を活用し、既存の AP の位置情報および稼働チャンネルをシミュレーションシナリオへの入力としている。大阪市御堂筋シナリオにおいて、提案手法により選択されたチャンネルで臨時 AP を稼働させた結果、簡易な干渉回避アルゴリズムと比較して、スループットが 1.41 倍となることを確認した。

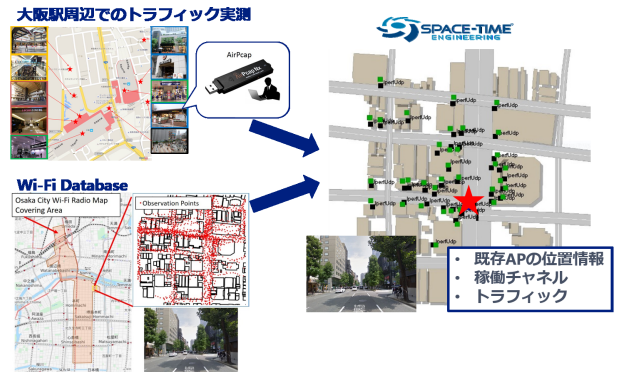


図 1: 大阪市御堂筋シナリオ

2 通信品質予測手法

周辺に存在する AP のチャンネル利用状況に合わせた臨時 AP のチャンネル選択を行うため、臨時 AP において MAC フレームセンシングを実施する。IEEE802.11 MAC フレームは汎用の Wi-Fi チップセットでもモニタリングすることができるため、提案手法導入のコスト削減につながると考える。以下では、これまでに提案している MAC フレームセンシングと通信品質予測関数について述べる。

2.1 MAC フレームセンシング

臨時 AP は周辺に存在する AP が送受信する MAC フレームをパッシブにモニタリングすることで、通信品質予測に利用するパラメータを取得する。このパラメータとは、チャンネル k における受信信号強度 (RSSI) を示す $s(k)$ および時間的なチャンネル使用率を示す $t(k)$ である。文献 [2] にしたがって、式 (1) および (2) に示されるような区間 $[0,1]$ への正規化を行っている。 $s(k)$ は以下の式で定義している。

$$s(k) = \frac{ave_rssi(k) - \theta_{min}}{\theta_{max} - \theta_{min}} \quad (1)$$

$ave_rssi(k)$ は、観測チャンネル k における観測フレームの平均 RSSI である。また、観測 RSSI の最大値と最小値を含むよう IEEE802.11g の閾値および屋外環境であることを考慮し、 θ_{min} と θ_{max} はそれぞれ -90dBm 、 -40dBm としている。 $t(k)$ は以下の式で表される。

$$t(k) = \frac{ave_bitrate(k)}{data_rate} + q(k) \cdot T_{preamble} \quad (2)$$

平均ビットレート ($ave_bitrate(k)$) は観測チャンネル k において観測された全てのフレームの総バイト数から得られ、データレート ($data_rate$) は IEEE802.11g の規格上のいずれかの値をとる。フレームの送信時に付与される PHY の制御情報分の補正項として $q(k) \cdot T_{preamble}$ を加えている。 $q(k)$ は観測チャンネル k におけるフレーム受信回数を表し、 $T_{preamble}$ は 20μ 秒としている。

Deployment Support of Wi-Fi Access Points in Congested Communication Environment

Shugo Kajita*¹ Tatsuya Amano*¹ Hirozumi Yamaguchi*¹
 Teruo Higashino*¹ Mineo Takai*^{1,*2}

*¹ Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University, Japan

*² University of California, Los Angeles, USA

これらパラメータの選定には、モニタモードと呼ばれる機能を備えた汎用の Wi-Fi チップセットを使用して容易にキャプチャすることが可能であることを考慮している。

2.2 通信品質予測関数

チャンネル資源は有限かつ共用しているため、トラフィックの飽和により通信品質は著しく低下する。このことに着目し、提案した通信品質予測関数では、与えられたパラメータに対してチャンネル状態が飽和状態であるかどうかを判定する二値分類器を導入している。この分類器は、クラスタリングにおける教師あり学習として代表的なサポートベクターマシン (SVM) を適用することで構築している。もしチャンネル状態が非飽和 (unsaturated) として分類された場合、通信品質の劣化はないと考え、チャンネル状態は良好であると捉える。一方、チャンネル状態が (saturated) と分類される場合、重回帰関数を適用し飽和状態がどれほど厳しいものであるかを予測する設計となっている。

この通信品質予測関数はネットワークシミュレータ Scenargie [6] を用いた 10,000 を超えるデータセットと機械学習 (SVM, 重回帰分析) によって事前に構築しており、このデータセットは臨時 AP と周辺 AP のチャンネル間距離, $s(k)$ および $t(k)$ を段階的に変化させた組み合わせによって設計した。

3 評価実験

提案した通信品質予測関数を用いて、図 1 に示す大阪市の御堂筋における臨時 AP 追加設置を想定したシナリオにおいて、新たに設置する AP が通信品質が最良となるチャンネルを選択することができるか、という評価実験を実施した。より現実的なシナリオにおける評価を行うため、AirPcap [3] を用いたトラフィック実測を実施し、周辺 AP のシナリオ設定パラメータとしている。また、我々の研究グループで構築した大阪市 Wi-Fi 電波マップ [4,5] を活用し、既存の AP の位置情報および稼働チャンネルをシナリオへの入力としている。

通信品質予測関数の出力と実際に臨時 AP を各チャンネルで稼働させた場合の通信品質を図 2 に示す。予測関数の出力結果の相対的な比較より、チャンネル 9 が最も低い遅延時間 (通信品質の良いチャンネル) と推定されており、推定チャンネルと実際の測定結果が一致していることが確認できた。

チャンネル選択による効用を測定するため、他の選択アルゴリズムとスループットによる比較検証を実施した。その結果、完全にランダムにチャンネルを選択した時 (Average) に比べるとスループットが 1.73 倍に、AP 数ベースの選択時 (AP_Num) と比較してもスループットが 1.41 倍になることを確認した。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 JP17J05148, JP15H02690, JP26220001 ならびに東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究の助成を受けたものです。

参考文献

[1] Xu, Y., Wu, Q., Wang, J., Shen, L. and Anpalagan, A.: Opportunistic Spectrum Access Using Partially

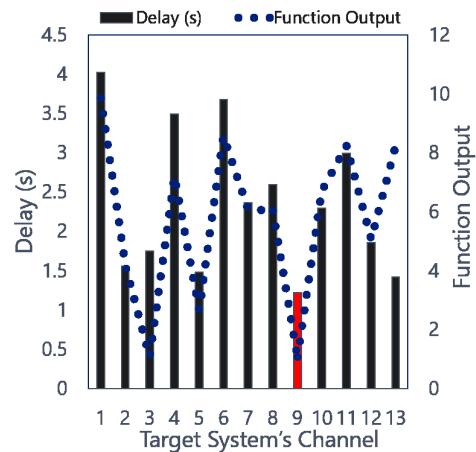


図 2: チャンネル選択結果

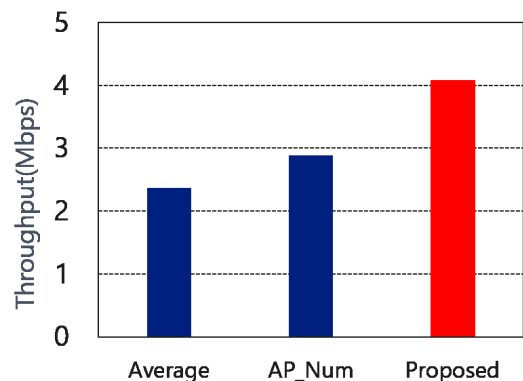


図 3: スループット比較

Overlapping Channels: Graphical Game and Uncoupled Learning, *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 61, No. 9, pp. 3906–3918 (2013).

[2] Kajita, S., Amano, T., Yamaguchi, H., Higashino, T. and Takai, M.: Wi-Fi Channel Selection Based on Urban Interference Measurement, *Proc. of the 13th Int. Conf. on Mobile and Ubiquitous Systems: Computing, Networking and Services (MobiQuitous 2016)*, pp. 143–150 (2016).

[3] AirPcap: Riverbed, <http://www.riverbed.com/>.

[4] Wi-Fi Scan Map of Osaka City: available from (<http://map.wifibigdata.org>).

[5] Amano, T., Kajita, S., Yamaguchi, H., Higashino, T. and Takai, M.: A Crowdsourcing and Simulation based Approach for Fast and Accurate Wi-Fi Radio Map Construction in Urban Environment, *Proc. of IFIP Networking 2017 (Networking2017)* (2017). (in press).

[6] Space-Time Engineering, LLC: Scenargie, <http://www.spacetime-eng.com/>.