3D-01

Wi-Fi過密環境における自律チャネル制御へ向けた通信品質予測手法

梶田 宗吾 *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 ロスアンゼルス校, UCLA
{ s-kajita, t-amano, h-yamagu, higashino, takai }@ist.osaka-u.ac.jp

1 はじめに

パブリックスペースにおける Wi-Fi の可用性向上に向けた動きが活発となっている．この動きに関連して 2020 年の東京オリンピックに向け訪日外国人にとって金銭的な負担の少ない Wi-Fi の通信環境改善が求められている．しかし，特に人口の集中する都市部では Wi-Fi 端末数は増加の一途を辿っており，過密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．これは様々なサービスがカバレッジ向上のため Wi-Fi アクセスポイント (AP) を密に設置しているためである．このような過密な展開かつ無秩序な周波数帯域の利用は電波干渉とそれに伴う通信品質の低下を引き起こす．

干渉を緩和するための単純かつ効果的な手法として，AP のチャネル切り替えが挙げられる．しかし，AP において最良の通信品質に到達可能なチャネルを選択することは容易ではない．2.4GHz 帯のチャネル割り当てでは，部分的なチャネルの重畳が存在する．その結果，同一チャネルだけでなく隣接するチャネルへも送信電力の影響があり，かつ，トラフィックと信号強度の組み合わせによる影響の多様性も含めて考慮する必要があるためである．このような過密 Wi-Fi 問題に対し，IEEE802.11ax タスクグループでは動的キャリアセンス閾値調整 (Dynamic Sensitivity Control) および送信電力制御 (Transmit Power Control) を行うことが提唱されており，それらの制御がない場合と比べて 2 倍程度のスループットが達成できる場合もあることが報告されている [1]．一方，我々は導入の容易さを考慮した結果，IEEE802.11g といった既存のアーキテクチャを持つ AP を対象として，周波数再利用を自律的に効率化するような高機能 AP の提案を目標としている．この目標に対し，これまでの研究において，IEEE802.11 MAC フレームモニタリング，高精度シミュレーションおよび機械学習に基づく Wi-Fi AP における通信品質を予測する関数の設計を行っている [2]．本研究では，提案した通信品質予測関数の高機能 AP の実現へ向けた有用性を示す．

2 通信品質予測手法

図 1 に目標としている高機能 AP (図中の intelligent AP) を示す．高機能 AP は IEEE802.11 MAC フレームモニタリング機能と通信品質予測機能，チャネル切り替え機能を有する．これらの機能により，近隣 AP との干渉を把握し，その干渉下での Wi-Fi 通信品質予測と出力結果に基づくチャネル切り替えを実現する．以下では，これまでに提案しているモニタリング機能と予測機能について述べる．

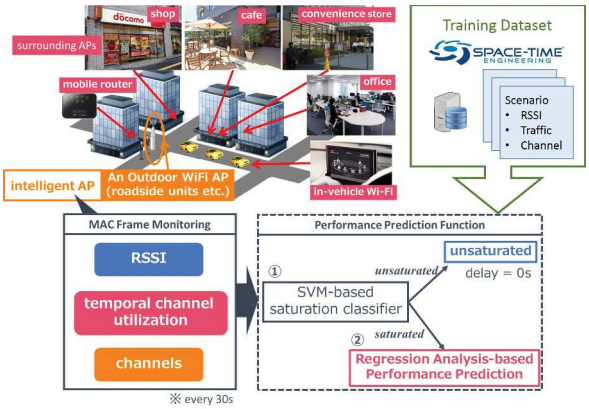

図 1: 高機能 AP

2.1 MAC フレームモニタリング

高機能 AP は近隣 AP の送受信する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．

$$s(k) = \frac{ave_rss(k) - \theta_{\min}}{\theta_{\max} - \theta_{\min}} \tag{1}$$

ave_rss(k) は，観測チャネル 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，$\theta_{\min}$ と $\theta_{\max}$ はそれぞれ -90dBm，-40dBm としている．$t(k)$ は以下の式で表される．

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

平均ビットレート（$ave_bitrate(k)$）は観測チャネル 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．

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市販のデバイス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，提案した予測関数では，与えられたパラメータに対してチャネル状態が飽和状態であるかどうかを判定

Wi-Fi Performance Prediction Method for Autonomous Channel Management in Overcrowed 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

Copyright ©2017 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

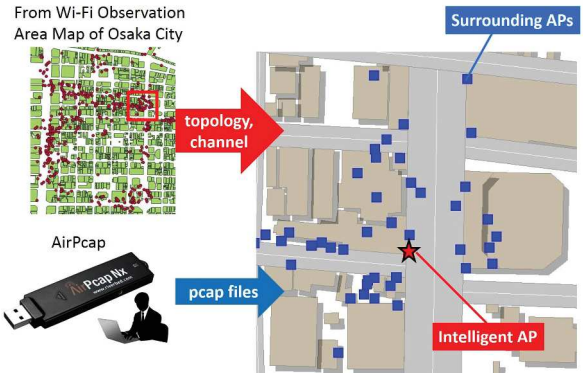

図 2: シミュレーション評価環境

する分類器を導入している．この分類機はサポートベクターマシン (SVM) を適用し構築している．もしチャネル状態が "unsaturated" として分類された場合，通信品質の劣化はないと考え，チャネル状態は良好であると捉える．一方，チャネル状態が "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といった設計となっている．

この予測機能はネットワークシミュレータ Scenargie [3] 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高機能 AP と近隣 AP のチャネル間距離，$s(k)$ 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 性能評価

通信品質予測関数の有用性を評価するため，大阪市における電波マップ [4] および同じく大阪市で実施したフレームモニタリング結果を用いた現実的なシナリオにおいてシミュレーション評価実験を実施した．

3.1 シミュレーション評価環境

シミュレーション評価環境を図 2 に示す．電波マップより近隣 AP のトポロジー情報および使用チャネル情報を取得している．これに対し，モニタリング機能および予測機能を持つ高機能 AP は交差点に新たに設置した．また，近隣 AP のトラフィックは USB 無線 LAN プロトコルアナライザである AirPcap [5] を用いて大阪市で実施したフレームモニタリング結果を使用した．各チャネルで観測した平均トラフィック (bps) の値をもとに，Scenargie で提供されている *CBR* で設定している．*CBR* は指定した送信レートを満たすように一定間隔で固定長の UDP パケットを生成・送信するアプリケーションである．

3.2 性能評価結果

実際の通信品質と通信品質予測関数の出力値を比較した性能評価結果を図 3 に示す．通信品質の真値は，高機能 AP が実際に各チャネルで通信を行なった場合のシナリオを用意しシミュレーションを実施することで取得している．結果として，全チャネルの通信品質の傾向を捉えることができていることを確認した．これにより，予測関数を用いることで全チャネルの中から通信品質が相対的に良好なチャネル傾向を予測することが可能である．一方で，絶対的な性能の比較を行なった場合，提案した予測関数の出力値が真値に比べて品質の良い値を示していることが確認された．これは CSMA/CA の特性である相互影響下にある送信端末数が増加することによるチャネル資源の減少を考慮できていないためであると考えられる．この問題に対する対処法として，予測関数の出力値に対する補正項の提案を検討している．

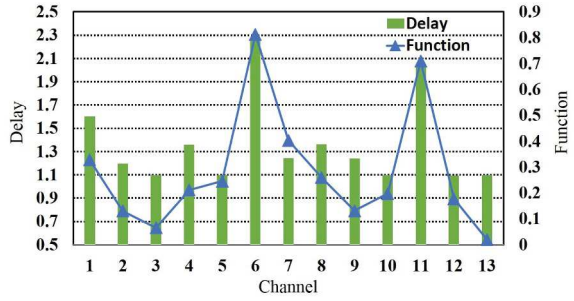

図 3: 性能評価結果

4 まとめと今後の課題

本研究では，IEEE802.11g といった既存のアーキテクチャを持つ AP を対象とした周波数再利用を自律的に効率化するような高機能 AP の提案を目標として，これまでに提案した通信品質予測関数の有用性を実観測データを用いたシミュレーション評価実験により示した．評価実験では，予測関数の出力値が絶対的な通信品質を予測するのではなく，通信品質の高いチャネル傾向を相対的に捉えることができていることを確認している．今後の課題として，この通信品質予測関数の予測精度向上およびこの関数を用いたチャネル切り替え機能の提案を検討している．

謝辞

本研究開発は総務省 SCOPE(受付番号 165007009) の委託を受けたものです．

参考文献

[1] Shin, K., Park, I., Hong, J., Har, D. and Cho, D.-H.: Per-node throughput enhancement in Wi-Fi densenets, *IEEE Communications Magazine*, Vol. 53, No. 1, pp. 118–125 (2015).

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

[4] Wi-Fi Observation Area Map of Osaka City: `http://map.wifibigdata.org`.

[5] Riverbed: AirPcap, `http://www.riverbed.com/`.

Copyright ©2017 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.