

エンタープライズ無線 LAN 環境における 通信品質改善のためのユーザ行動支援手法

2210182 上川雅弘 矢崎研究室

1 はじめに

企業や大学におけるエンタープライズ無線 LAN 環境では、膨大な数のユーザが同時に接続することが一般的となっている。特に講義室やオフィス、イベント会場など、多数の人が一斉に利用する状況では、通信品質のばらつきや接続不良が頻発する。こうした問題は業務効率や学習環境を直接的に低下させるだけでなく、利用者が体感する QoE (Quality of Experience) にも大きな悪影響を及ぼす。そのため、無線 LAN 環境の安定性は情報通信インフラとしての信頼性を左右する重要な課題である。従来、これらの課題に対しては、ネットワーク管理者がアクセスポイント (AP) の配置を最適化したり、チャンネルの割り当てを調整したりすることで対応してきた。しかし、管理者の努力だけでは完全に制御できない要因も数多く存在する。そこで本研究では、従来の管理者主体のアプローチとは異なり、利用者自身の行動に着目した新しい通信品質改善手法を提案する。

2 準備

2.1 QoE とスループット

無線 LAN の利用者が体感する QoE (Quality of Experience) は、単に AP との接続の有無ではなく、実際に得られる通信品質に依存する。特にスループットは重要な指標であり、これが低下すると、ファイルを開きににくくなったり、動画の再生が困難になったりするなど、利用者の満足度も低下する。スループットは単純に AP と端末の距離に依存するだけでなく、接続端末数や無線チャンネルの混雑度にも影響を受ける。同じ距離条件であっても、AP に多数のユーザが集中している場合や、利用しているチャンネルが他の電波で占有されている場合には、スループットは低下する。このようにスループットは多要因的に決まるため、距離だけに基づいた単純な推定では十分ではない。

2.2 チャンネル使用率

チャンネル使用率とは、あるチャンネルが単位時間あたりにどの程度の割合占有されているかを示す指標である。値が高いほど、そのチャンネルでは多数の通信が同時に行われていることを意味し、干渉や競合によってスループットが低下する傾向にある。チャンネル使用率は、必ずしも管理者が配置した AP 同士の関係や接続ユーザ数だけで決まるわけではない。利用者が持ち込む野良 AP や、電子レンジ・気

象レーダーなどの外部機器からの電波も同じ周波数帯を占有し、利用状況を複雑化させる。したがって、実際の環境ではチャンネル使用率を考慮することが不可欠であり、これを無視すると現実の QoE を正しく推定することは難しい。本研究では、QoE をスループットで評価しつつ、チャンネル使用率を考慮することで、より実環境に即した分析と手法設計を行う。

3 提案

本研究では、従来のアプローチの限界を踏まえ、ユーザの負担を最小限に抑えながら通信品質を改善するための新しい支援手法を提案する。特徴は、消極的な移動を前提とし、利用者に大きな移動を強いずに QoE の改善を目指す。

3.1 基本方針

ユーザは自身の移動可能距離 d_{th} と、通信に必要な最低限のスループット要求値 θ_{th} を入力として与える。システムはこれをもとに、候補となる AP の集合を抽出する。その後、各候補 AP に対して通信環境を総合的に評価し、最適な接続先および移動先を提案する。

3.2 処理フロー

まず、ユーザからの入力 d_{th} と θ_{th} を受け取る。次に、ユーザの移動前の位置から距離 d_{th} 以内に存在する AP の集合を候補 AP として抽出する。さらに、各候補 AP に対し、システムを使用するユーザが接続した場合のスループットを試算する。その後、ユーザが各候補 AP に対し以下の指標を正規化しスコア化する。

- スループット
- チャンネル使用率
- ユーザとの距離
- 接続中のユーザ数

これらの各スコアに重みをつけて加重平均をとる。総合スコア上位 AP の中から、全体スループットを最大化する APa と移動ベクトル m を選定し、ユーザに提示する。

4 評価

提案手法の有効性を検証するために、ネットワークシミュレータ ns-3.35 を用いてシミュレーション実験を行った。実験では、異なる環境条件やユーザ数を設定し、従来のランダム移動との比較を通じて、提案手法がシステム全体のスループット改善にどの程度寄与するかを評価した。

4.1 シミュレーション設定

シミュレーションは、図 1 のように、50m 四方の仮想空間に AP を複数配置し、既存ユーザと新規ユーザが混在する状況を想定して実施した。

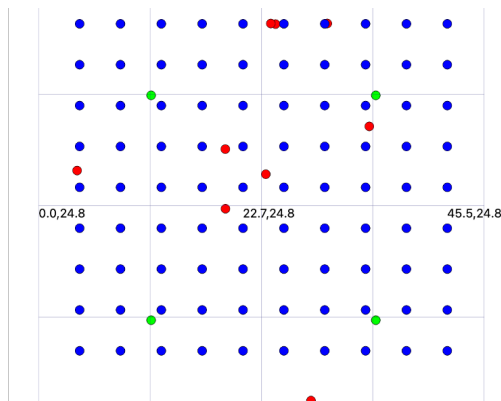


図 1: シミュレーション結果

今回のケースでは 4 台の AP をランダムに配置した。この AP の Wi-Fi 規格は 82.11ax-2.4GHz とし、チャンネルはそれぞれ別のものを 1 つずつを割り当てた。それぞれの AP には異なるチャンネル使用率を設定し、環境における混雑度の違いを再現した（例：AP0=0.2, AP1=0.3, AP2=0.4, AP3=0.5）。初期状態では 90 人の既存ユーザを等間隔に配置し、さらに新たに 10 人のユーザが環境内に参加するケースを想定した。新規ユーザは $d_{th} = 15[m]$ の範囲内で移動できるとし、要求スループットは 30Mbps に設定した。各シナリオは 100 回繰り返し実施し、結果のばらつきを抑えるために平均値を算出した。各試行のシミュレーション時間は 30 秒とした。評価の指標としては、システム全体のスループットについて、新規ユーザが移動しなかった場合に比べてどの程度改善したかを示す値（改善率）及び移動距離の分布を採用した。図 2 に示すように、提案手法は従来手法に比べ、スループットが 2.69% 向上した。

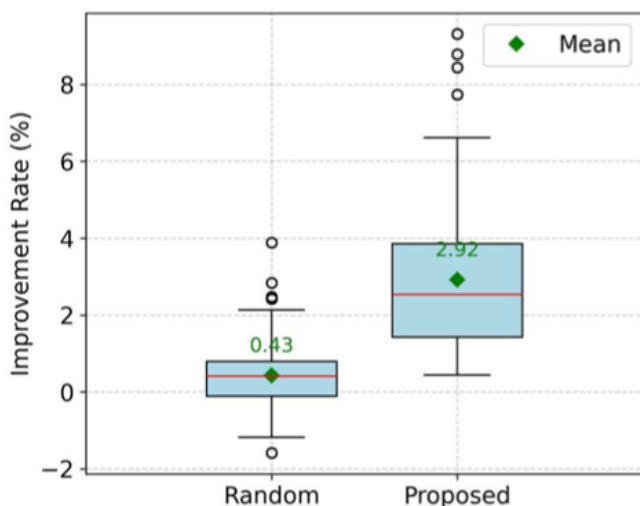


図 2: 改善率

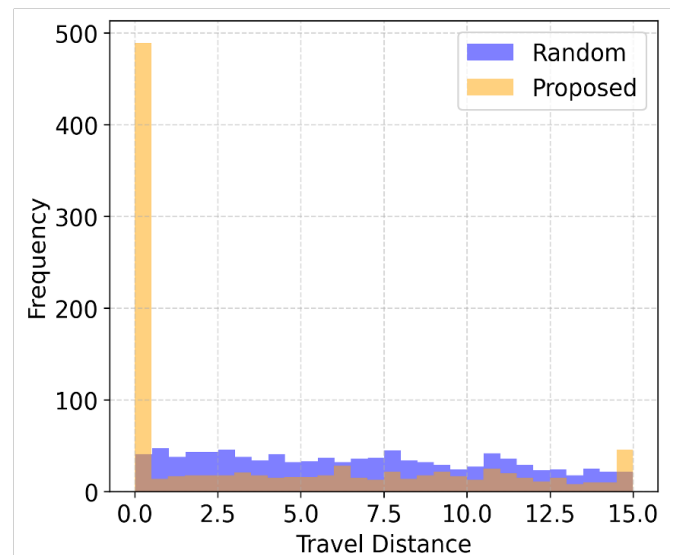


図 3: 移動距離の分布

また、移動距離の観点では、多くのユーザが 5m 未満の小規模な移動で十分な改善を得られており、過度な行動負担を課すことなく QoE 向上が可能であることが示された。一方で、初期位置が極端に不利なユーザについては、15m 移動しても要求スループットを満たせないケースも一定数存在した。この点は今後の課題として追加的な対策が必要である。

5 関連研究

例えば、角田 [4]、小宮ら [3]、J17-CS [2]、CS2023 [1]。

6 おわりに

本研究では、エンタープライズ無線 LAN 環境における通信品質のばらつきに対し、利用者の消極的移動を活用した新しい支援手法を提案した。管理者による AP 配置やチャンネル割り当てでは限界がある一方、ユーザが最小限の移動を行うことで、ランダムな移動よりも QoE を改善できることを示した。提案手法は、スループット・チャンネル使用率・移動距離・既存ユーザ数の 4 指標を組み合わせる AP を評価し、最適な接続先を決定する。シミュレーションにより、ランダム移動と比較してシステム全体のスループットが平均 2.69% 改善し、移動距離も抑制できることを確認した。今後の課題としては、実環境での検証や、先行研究との比較、ユーザが正確かつ簡単に自身の位置を申告する仕組みの考案が挙げられる。これらを発展させることで、実運用に耐えうるより実践的な手法へと進化させていくことが期待される。

参考文献

- [1] Amruth N. Kumar, Rajendra K. Raj, Sherif G. Aly, Monica D. Anderson, Brett A. Becker, Richard L. Blumenthal, Eric Eaton, Susan L. Epstein, Michael Goldweber, Pankaj Jalote, Douglas

- Lea, Michael Oudshoorn, Marcelo Pias, Susan Reiser, Christian Servin, Rahul Simha, Titus Winters, and Qiao Xiang. *Computer Science Curricula 2023*. ACM, May 2024.
- [2] 情報処理学会コンピュータ科学教育委員会. カリキュラム標準コンピュータ科学領域 (J17-CS). https://www.ipsj.or.jp/annai/committee/education/j07/ed_j17-CS.html, 2018.
- [3] 小宮常康, 渡辺博芳, 中山泰一, 成見哲, 山路浩夫. 電気通信大学における情報入試体験会の実施結果概要の報告. 第 86 回全国大会講演論文集, pp. 365–366, 2024.
- [4] 角田博保. 大学情報入試の動向 : 1. 大学情報入試の概要. 情報処理, Vol. 65, No. 2, pp. e1–e5, 2024.

pBibTeX の利用を推奨