

校内無線 LAN の利用効率の向上

磯崎裕臣

岸本将志*

福永龍太†

Improvement of the utilization efficiency for the school wireless LAN

Hiroomi ISOZAKI

Masashi KISHIMOTO*

Ryuta FUKUNAGA†

Abstract

You can use easily the network services on smart phones and tablet devices, with the increase of wireless LAN access points. Your devices need to connect the access point whose signal strength is stable in order to use comfortably many network services. Once devices connected to one access point, devices cannot connect another access point whose signal strength is stable until signal strength of the access point becomes unstable. A roaming is one of solutions for this problem. However, a lot of access points don't use roaming because hardware and cost remain an issue.

In this study, we focus on the signal strength. First, we analyze relationship with the signal strength and throughput. Next, we measure the fluctuation of the signal strength. Finally we propose a new method to find the proper access point. And we apply our new method to an android smart phone. Then we show that the smart phone connect to the most proper access point among many access points.

Key words: Wireless LAN, Roaming, Android.

1 まえがき

無線 LAN アクセスポイントの普及によって、様々な場所で、スマートフォンやタブレット端末で気軽にネットワークサービスが利用できる。ゲーム、SNS や動画共有サービスに代表される多くのネットワークサービスは、高速で安定したネットワーク環境が求められ、電波強度が安定したアクセスポイントに接続する必要がある。

一般的に大規模な無線 LAN ネットワークは、アクセス複数のアクセスポイントで構成される。このとき、無線 LAN アクセスポイントへの接続では、端末が一度、あるアクセスポイントに接続すると、そのアクセスポイントの電波強度が不安定になり切断されるまで、他のアクセスポイントに接続できない。このため、同一ネットワークを構成するアクセスポイント間で端末の情報を共有し、端末の移動とともに接続するアクセスポイントを切り替えるローミングという機能がある。この機能を用いることで、不安定なアクセスポイントに接続し続けることなく、スムーズに安定したアクセスポイントへの切り替えが可能になるが、対応した機器が必要であることやコスト面で課題が残るため、一部のアクセスポイントでしか導入されていない。また、ローミングが働かないアクセスポイントでは、アクセスポイントの切替が行われないため、端末が特定のアクセスポイントに接続し続けることになり、一部のアクセスポイントへの接続が集中する。この結果、速度低下等が生じ、ネットワーク全体でのアクセスポイントの利用効率が低下する。

本研究では、端末が最適なアクセスポイントへ接続し、校内無線 LAN の利用効率を向上を実現させる。このため、アクセスポイントの電波強度に着目し、電波強度と通信速度の関係を明らかにする。そして、構内の複数のアクセスポイントで電波強度の時間変動を分析する。分析で得られた電波強度の時間変動を考慮して、複数のアクセスポイントから最適なアクセスポイントを選択する手法を提案する。最後に、提案手法を Android 端末に実装し、端末の移動にともない、接続されるアクセスポイントが自動的切り替わることを確認する。

以下 2 章で、一般的な無線 LAN ネットワークとローミン

グについて述べる。次に 3 章で、電波強度と通信速度の関係と電波強度の時間変動を分析する。そして 4 章で、最適なアクセスポイントを選択する手法を提案し、提案手法が適切なアクセスポイントが選択できることを示す。最後に 5 章でまとめと今後の課題について述べる。

2 無線 LAN ネットワーク

すでに述べたように、大規模な無線 LAN ネットワークでは、複数のアクセスポイントを用いて 1 つのネットワークを構築する。ここで、図 1 に複数のアクセスポイントと複数のネットワークで構成されるネットワークの例を示す。図に示すように、ネットワークの識別には、SSID (Service Set Identifier) と呼ばれる識別子が用いられる。また、無線 LAN アクセスポイントは、端末が接続できる台数や距離に上限があるため、同一ネットワークでも、複数のアクセスポイントを設置し、接続できる台数や接続できる場所を増やしている。このため、大規模な無線 LAN ネットワークでは、同じ SSID を持ったアクセスポイントが複数存在することになり、端末は、このうちいずれかのアクセスポイントに接続することになる。ここで、接続するアクセスポイントを区別するのに BSSID (Basic Service Set Identifier) と呼ばれる識別子が利用される。また、SSID は、ネットワーク管理者が任意の値を設定できるのに対して、BSSID は、無線 LAN アクセスポイントの無線 LAN 用 MAC アドレスが値として自動的に設定される。

2.1 アクセスポイントへの接続と切替で生じる問題

端末は、複数のアクセスポイントのうち、電波強度をはじめとする何らかの基準をもとに接続するアクセスポイントを決定し、接続する。そして、アクセスポイントとの接続が不安定になり、切断されると、アクセスポイントを再決定し、接続を試みる。

この時、アクセスポイントの電波強度に大きな変化が生じなければ、端末は安定した接続を維持できることになる。しかし、端末の移動等で電波強度に変化すると、問題が生じる。具体的には、端末がアクセスポイントに接続した状態で移動すると、そのアクセスポイントの電波強度が弱くなり、他のアクセスポイントの電波強度が強くなる。この時、2 つのアクセスポ

*東京農工大学工学部電気電子工学科

†熊本大学工学部情報電気電子工学科

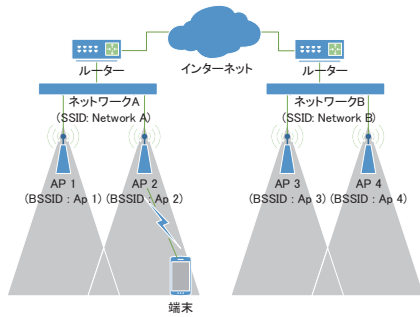


図 1: 無線 LAN ネットワーク

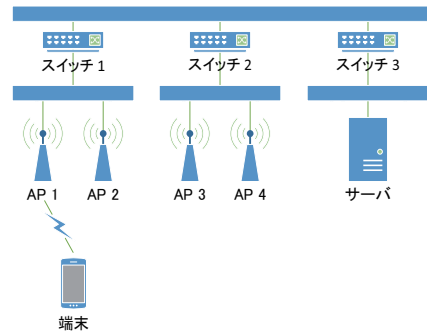


図 2: 計測用ネットワーク

イントでの電波強度の強弱が入れ替わるタイミングでアクセスポイントの切替が行われるのが理想である。しかし、すでに述べたように端末は、一度接続したアクセスポイントとの接続が不安定になるまで、接続を維持しようとするので、たとえ他に電波強度が強いアクセスポイントが存在しても、現在の接続が切断されるまで、それらのアクセスポイントへは接続されない。

この問題について、ローミングと呼ばれる機能が有効である。ローミングでは、複数のアクセスポイント間で接続されている端末の情報を共有し、端末が移動した際に、あるタイミングで、アクセスポイントが端末に接続するアクセスポイントを切替させる。しかし、ローミングは、対応する機器が必要であり、コスト面やネットワークの管理が複雑になるため、導入されていない無線 LAN ネットワークが多い。

一方、アクセスポイントを動的に切り替える Android 用アプリケーション [1, 2] がリリースされている。[1] では、電波強度がしきい値以下になれば異なる SSID の無線 LAN ネットワークへ接続を切り替える。このアプリケーションは、異なる SSID の無線 LAN ネットワークの切替は可能だが、SSID が同じネットワーク内で接続するアクセスポイントを切り替えることができない。また [2] では、[1] とは対症的に SSID が同じネットワーク内で接続するアクセスポイントを切り替え可能だが、SSID が異なるネットワークへの切替が行えない。また、電波強度がしきい値以下になるまで、切替が行われないので、しきい値を適切に設定しないと依然として上述の問題が残ることになる。

このため、本研究では、ローミングが機能しない無線 LAN ネットワークでも最適なアクセスポイントを選択し、アクセスポイントの切替をユーザ操作なしに実現する手法を提案する。

3 校内無線 LAN ネットワークの分析

最適なアクセスポイントを選択に必要な情報を収集するために校内無線 LAN ネットワークについて

- 電波強度とスループットの関係
- 電波強度の時間変動
- 接続に成功する電波強度の限界

の 3 つについて分析を行った。ここで、本研究では、アクセスポイントの電波強度を示す指標として、端末で容易に取得可能な受信信号強度 RSSI(Received Signal Strength Indication)を用いる。

表 1: 計測対象の AP

アクセスポイント	RSSI [dBm]	場所
AP 1	-59	6 号館 2 階 講義室 4
AP 2	-72	6 号館 2 階 講義室 5
AP 3	-47	4 号館 3 階 通信工学実験室
AP 4	-73	4 号館 4 階 基礎工学実験室

3.1 電波強度とスループット

まず、本研究で提案する手法では、電波強度の強いアクセスポイントに接続することを前提条件としている。この前提を確かなものにするために、電波強度とスループットの関係性を明らかにする。計測に用いた無線 LAN ネットワークを図 2 に示す。図に示すように計測は、まず本研究室が所有するサーバー配置した 1MB のダミーファイルを無線 LAN ネットワークに接続した端末でダウンロードし、ダウンロードにかかった時間とファイルサイズからスループットを求める。計測に使用したアクセスポイントの設置場所を表 1 に示し、各地点でのスループットの計測結果を、表 2 に示す。

表 2 より、6 号館 2 階では RSSI の値が AP の方が AP 2 よりも大きく、スループットも AP 2 より AP 1 の方が高くなっている。4 号館 3 階でも同様に AP 3 の方が AP 4 よりも RSSI の値が大きく、スループットも AP 4 より AP 3 の方が高くなっている。

以上の結果より、電波強度とスループットは、比例関係にあり、電波強度の強いアクセスポイントに接続することでスルー

表 2: スループット計測結果

	スループット [Kbps]			
	6 号館 2 階		4 号館 3 階	
AP	AP 1	AP 2	AP 3	AP 4
1 回目	4,368	1,024	5,824	800
2 回目	7,960	1,016	12,376	2,168
3 回目	12,568	1,664	12,840	2,720
4 回目	13,256	2,064	11,784	2,648
5 回目	13,544	1,880	7,016	2,568
平均	10,339	1,529	9,968	2,180

表 3: 代表的なアクセスポイントの設置場所

BSSID	設置場所
00-1a-a2-fd-1b-c0	3 号館 3 階 助手研究室 2
00-1a-a2-fd-1c-d0	3 号館 3 階 卒業研究室 11
c8-9c-1d-ab-8d-d0	6 号館 2 階 講義室 4
88-43-e1-56-89-30	6 号館 2 階 講義室 5
00-02-2d-01-f3-db	7 号館 3 階 講義室 1
00-1b-2b-a5-4d-80	7 号館 3 階 講義室 2

ブットが向上することがわかった。

3.2 電波強度の時間変動

前節より、端末は、電波強度の強いアクセスポイントへ接続することで、高速で安定したネットワーク環境を利用できることがわかった。しかし、電波強度は、一定であることはなく時間とともに変動する。このため、単純に電波強度の強いアクセスポイントに接続するだけでは、電波強度が同程度のアクセスポイントが複数存在した場合、接続すべきアクセスポイントが頻繁に変化することが考えられる。

そこで、複数のアクセスポイントの電波強度を一定間隔で計測し、電波強度の変動を調べる。測定は、3 号館 3 階、6 号館 2 階、7 号館 3 階、階段教室前の 4 箇所で行った。表 3 に代表的なアクセスポイントの設置場所を示す。

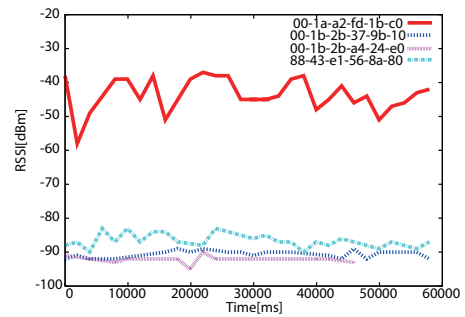
図 3 に計測地点で静止した状態での電波強度の推移を示す。横軸が測定開始時点からの経過時間、縦軸が RSSI である。

図 3 より、電波強度が時間とともに変動することが確認できる。図 3(a) と図 3(b) では、電波強度が非常に強いアクセスポイントが一つ存在し、電波強度が弱いアクセスポイントが複数存在している。このような環境では、電波強度が強いアクセスポイントが一つしかないため、接続すべきアクセスポイントを電波強度の強さで容易に決定できる。一方図 3(c) では、電波強度が強いアクセスポイントと弱いアクセスポイントが複数存在している。このような環境では、電波強度が強いアクセスポイントがそれぞれ複数存在するため、接続すべきアクセスポイントを電波強度の強さで決定すると、時間とともに接続すべきアクセスポイントが変化し、無駄なアクセスポイントの切り替え処理が頻繁に発生してしまう。

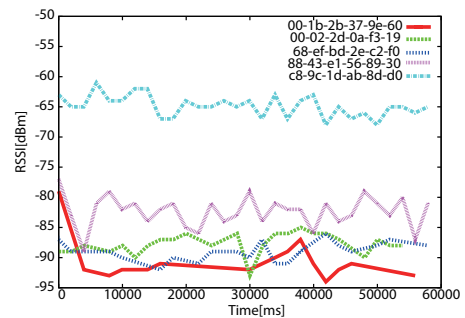
図 4 に計測開始と同時に計測場所から移動した場合の電波強度の推移を示す。横軸が測定開始時点からの経過時間、縦軸が RSSI である。

図 4 より、静止時と同様に電波強度が時間とともに変動することが確認できる。図 4(a) と図 4(b) では、電波強度が非常に強いアクセスポイントが移動とともに変化している。このような環境では、静止時と同様に接続すべきアクセスポイントを電波強度の強さで容易に決定できる。一方、図 4(c) でも、図 4(a) と図 4(b) と同様に電波強度が強いアクセスポイントが時間とともに変化しているが、それらアクセスポイントの電波強度に大きな差がみられない。このような環境では、静止時と同様に電波強度の強さだけで接続すべきアクセスポイントを決定すると、無駄なアクセスポイントの切り替え処理が頻繁に発生してしまう。

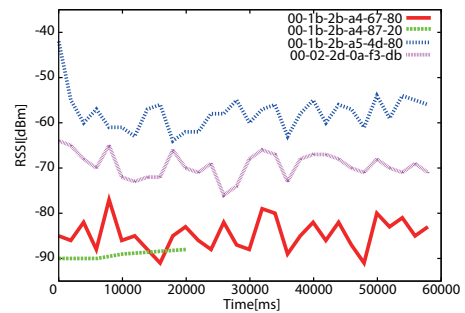
そこで、電波強度が時間ともにどの程度変動するかの指標として、すべてのアクセスポイントの電波強度の標準偏差を取



(a) 3 号館 3 階



(b) 6 号館 2 階



(c) 7 号館 3 階

図 3: 静止時の電波強度の推移

めたところ 3.7 dBm であった。

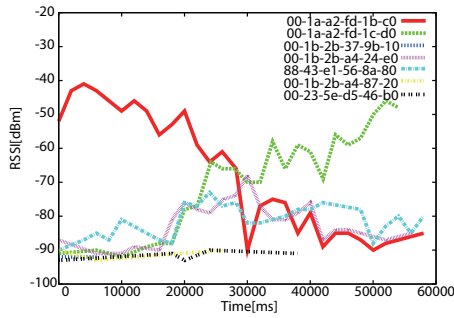
以上より、接続すべきアクセスポイントを決定する際に、電波強度の時間的変動を考慮することで、無駄な切り替え処理の発生を軽減し、安定したネットワーク環境が得られる。

3.3 接続に成功する電波強度の限界

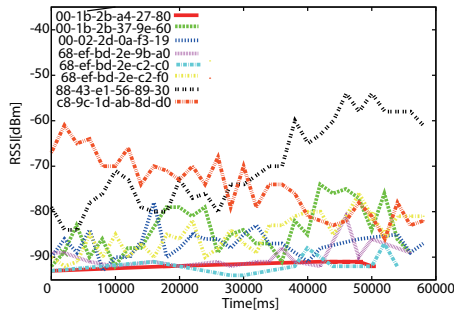
3.1 節より、電波強度が弱くなるに従いスループットも低下することがわかっている。ここで、電波強度が極端に弱くなると、スループットが低下するどころかそもそもアクセスポイントへの接続が維持できなくなり、切断されてしまうことが考えられる。このため、電波強度が非常に弱いアクセスポイントが存在しないと、接続に失敗するアクセスポイントへの無駄な接続処理が頻繁に発生してしまう。

図 5 に、2 号館 1 階での電波強度の推移を示す。横軸が測定開始時点からの経過時間、縦軸が受信電波強度 RSSI である。

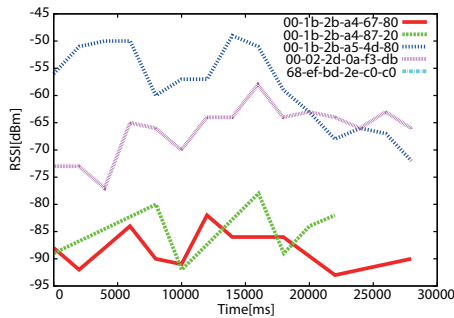
図 5 より、電波強度が非常に弱いアクセスポイントでも図 3 や図 4 と同様に時間とともにアクセスポイントの電波強度



(a) 3号館 3階



(b) 6号館 2階



(c) 7号館 3階

図 4: 移動時の電波強度の推移

が変化することがわかる。しかし、このような環境では静止時と同様に電波強度の強さだけで接続すべきアクセスポイントを決めると、接続に失敗するアクセスポイントへの無駄な接続処理が頻繁する。

そこで、接続に失敗するアクセスポイントの電波強度を調べる。校内の様々な場所で、アクセスポイントに接続を試みたところ、電波強度が -85 から -83 dBm で接続に失敗することがわかった。

以上より、接続すべきアクセスポイントを決める際に、電波強度の時間的変動を考慮することで、無駄な切り替え処理の発生を軽減し、また、弱い電波強度を無視することで、接続に失敗するアクセスポイントへの無駄な接続処理の発生を軽減することで、安定したネットワーク環境が得られる。

4 接続すべきアクセスポイントの決定

本章では、前章の分析結果に基づいた、無駄な接続処理や切り替え処理を軽減し、接続すべきアクセスポイントを適切に決定す

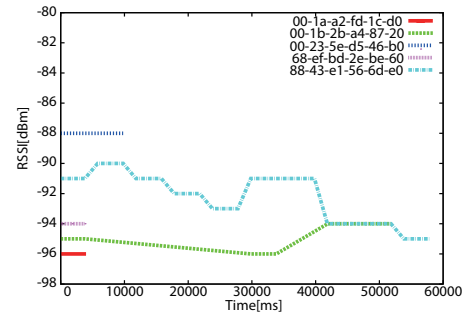


図 5: 2号館 1階での電波強度の推移

る手法を提案する。

提案手法は、アクセスポイント毎に RSSI を計測し、計測した RSSI をもとに接続すべきアクセスポイントの BSSID を決定する。

まず、アクセスポイントの SSID, BSSID と受信電波強度をそれぞれ $SSID_i, BSSID_i, RSSI_i$ とする。ここで、 i は、アクセスポイントインデックスであり、 $SSID_{now}, BSSID_{now}, RSSI_{now}$ を現在接続中のアクセスポイントの値、 $SSID_{new}, BSSID_{new}, RSSI_{new}$ を提案手法で決定した接続すべきアクセスポイントの値とする。端末の周囲に存在するアクセスポイントの数を N とすると、 $i < N$ が満たされる。提案手法では、全てのアクセスポイントの電波強度を計測し、

$$RSSI_i > RSSI_{now} (now \neq i, i < N) \quad (1)$$

を満たすアクセスポイントインデックスを見つける。しかし、この処理では、3.2 節で述べたように電波強度の一時的な変動で電波強度が弱くなり、アクセスポイントの切替が必要ない場合でも、アクセスポイントを切替えてしまい、無駄な処理が発生する。このため、電波強度の時間変動を考慮し、

$$RSSI_i \geq RSSI_{now} + RSSI_{fluc} (now \neq i, i < N) \quad (2)$$

を満たすアクセスポイントインデックスを見つける。ここで、 $RSSI_{fluc}$ は電波強度の揺らぎのしきい値である。さらに、3.3 節で述べたように電波強度が非常に弱いアクセスポイントは接続に失敗し、無駄な接続処理が発生する。このため、電波強度がしきい値以下のアクセスポイントは、無視し、

$$RSSI_i > RSSI_{min} (i < N) \quad (3)$$

を満たすアクセスポイントを見つける。ここで、 $RSSI_{min}$ はアクセスポイントに接続を試みる電波強度の最低値である。

以上より、提案手法では、式 (2) と式 (3) を満たすアクセスポイントを見つけ、 $new = i$ とすることで、接続すべきアクセスポイントを決める。しかし、 $RSSI_{fluc}$ と $RSSI_{min}$ は、端末やネットワーク環境に依存するので、利用する端末やネットワーク環境で最適化する必要がある。最後に図 6 に提案手法の疑似コードを示す。

4.1 アプリケーションへの実装

提案手法の Android 端末への実装において [3, 4] を参考にし、アプリケーションの開発を行った。

```

for (i < N, i++) {
  if (SSIDi ≠ SSIDnow ∪ BSSIDi ≠ BSSIDnow) {
    if (RSSIi > RSSImin) {
      if (RSSIi ≥ RSSInow + RSSIfluc) {
        now = i
      }
    }
  }
}

```

図 6: 提案手法

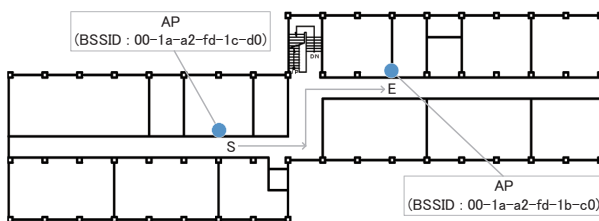


図 7: 計測環境

提案手法では、 $RSSI_{fluc}$ と $RSSI_{min}$ の値を決定する必要があるが、ここでは、3章で示した電波強度の標準偏差とアクセスポイントへの接続に成功する電波強度の限界値からそれぞれ $RSSI_{fluc} = 4$ と $RSSI_{min} = -84$ とした。また、端末への負荷を考慮し、手案手法による接続すべきアクセスポイントの決定を 10 秒毎に行うようにした。

実際に 2 台の Android 端末に導入し、図 7 に示すアクセスポイントが 2 台ある環境において、BSSID が 00:1a:a2:fd:1c:d0 であるアクセスポイントに接続した状態で地点 S から地点 E に向かって移動すると、提案手法を実装していない端末は、電波強度が弱い状態で BSSID が 00:1a:a2:fd:1c:d0 であるアクセスポイントに接続したままであったのに対して、提案手法を実装した端末は、移動中に BSSID が 00:1a:a2:fd:1b:c0 であるアクセスポイントに切り替わり、強い電波強度を維持できていることが確認できた。このように、手案手法を実装した端末は、移動とともに接続するアクセスポイントが自動的に変化するので、実装していない端末のように一端接続したアクセスポイントに接続し続けるといったことがなくなる。結果として、端末が接続するアクセスポイントが分散されることになり、安定した接続とスループットの向上が期待でき、ネットワーク全体の利用効率が向上する。

5 おわりに

本研究では、複数のアクセスポイントが存在する無線 LAN ネットワークにおいて、高速で安定したネットワークを実現する最適なアクセスポイントを電波強度に着目し、決定する手法を提案した。

実際の Android 端末に実装し、端末の移動とともに接続するアクセスポイントが自動的に切り替わることを確認した。

今後は、端末や環境への依存している電波強度の時間変動や限界値といったしきい値を過去の電波強度の平均値から導出することを検討し、端末や環境への依存すること無く、精度良く接続すべきアクセスポイントの決定を可能にする必要がある。

参考文献

- [1] NetVision Co.,Ltd, “公衆無線 lan 自動接続+vpn - moopener.” <https://play.google.com/store/apps/details?id=jp.co.netvision.WifiConnectSample>, November 2014.
- [2] Heleron, “Wifi roaming fix.” <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.heleron.wifiroamingfix>, December 2013.
- [3] 堀切堤, スマートにプログラミング *Android 入門編 第 2 版 SDK 4/2.3 対応*. リックテレコム, May 2011.
- [4] Android Open Source Project, “Android developers.” <http://developer.android.com/>, November 2008.

(2014 年 11 月 10 日 受理)