

ノード配置に基づく移動式アクセスポイントの設計と試作

Design and prototype of mobile access point based on node arrangement

朝日大学大学院経営学研究科 古堅智仁

Graduate School of Business Administration, Tomohito Furugen

朝日大学大学院経営学研究科 矢守恭子

Graduate School of Business Administration, Kyoko Yamori

概要：無線 LAN に代表される無線ネットワークがいたるところで利用できるようになり、利用者は高速な通信サービスといつでもどこでも利用することができる。しかしながら、無線ネットワークの利用者があまりに急激に増えすぎたため、通信品質が著しく劣化してしまう現象が生じている。本稿では、無線 LAN の品質劣化の原因の一つである Performance Anomaly 問題に着目し、アクセスポイントの自律移動により、この問題を解決する方法を示す。そして、Raspberry Pi [1] を用いた試作について述べる。

Abstract : Wireless networks represented by wireless LAN can be used everywhere, and users can utilize high-speed communication services anytime anywhere. However, since the number of users of the wireless network has increased too rapidly, the communication quality has deteriorated. This paper focuses on the Performance Anomaly problem, which is one of causes of wireless LAN quality degradation. A method of solving this problem has been shown using the autonomous movement of the access point. Then, we describe prototype using autonomous mobile AP using Raspberry Pi.

1. はじめに

無線 LAN に代表される無線ネットワークがいたるところで利用できるようになり、利用者は高速な通信サービスといつでもどこでも利用することができる。動画配信サービスもコンテンツが充実し、スマートフォンのような高性能で携帯性の高い通信端末の普及と相まって、無線ネットワークの利用がますます進んでいる。しかしながら、無線ネットワークの利用者があまりに急激に増えすぎたため、通信品質が著しく劣化してしまう現象が生じている。本稿では、無線ネットワークとして普及が進んでいる無線 LAN につい

て議論する。無線 LAN の品質劣化の原因を分析し、アクセスポイントの自律移動により、この問題を解決する方法を示す。そして、Raspberry Pi [1] を用いた試作について述べる。

2. 無線 LAN の普及と電波干渉

スマートフォンを中心とした通信端末の普及により、いつでもどこでもインターネットを利用できるようになった。総務省の平成 29 年版の情報通信白書によれば、スマートフォンの個人保有率は 56.8% であり、2 人に 1 人はスマートフォンを保有している [2]。スマートフォンの普及によって、いわゆる

「リッチコンテンツ」といわれるデータ通信量の多いサービスも登場し、トラフィックは益々増加する傾向にある。

無線ネットワークには、通信事業者が提供するセルラー網と、無線LANのような個人が設置することのできるネットワークがある。無線LANが使用している周波数帯はISM Band (Industry, Science and Medical Band, 以下「ISMバンド」という。)と呼ばれ、自由に使用することができる。このISMバンドで使用される2.4GHz帯は無線LANだけでなく、Bluetooth、電子レンジ、心臓ペースメーカーなどにも利用されており、ありとあらゆるところで用いられている。

図1に本学3号館 院生研究室 No.8内から2.4GHz帯の電波を計測した結果を示す。曲線の数はいくつかのアクセスポイントを示し、高さはその強さを示す。電波が最も強いアクセスポイントは、研究室に設置されているアクセスポイントである。その他は、他の場所に設置されたアクセスポイントであり、電波が混雑していることがわかる。

曲線の重なりは、異なるアクセスポイントが同じチャンネルを用いて通信していることを示している。チャンネルとは、データの送受信に必要な周波数を指し、チャンネル幅とは、その周波数の幅を示す。無線LANでは、割り当てられている周波数帯をすべて使うのではなく細かく分けて利用される。

無線LANで通信する場合、端末とアクセスポイントとの間では同じチャンネルが利用される。アクセスポイントが複数ある場合、同じチャンネルを使って通信した場合、電波の干渉が生じる。干渉とは、隣接するチャンネルが重なり合うことで生じる、受信電波の劣化である。すなわち、干渉が生じると通信品質が劣化する。

図1では、複数のアクセスポイントが同じチャンネルを用いていることがわかる。また、

チャンネルを跨いでいるアクセスポイントも存在している。このような状況下では、干渉がひどく、通信品質は著しく劣化する。

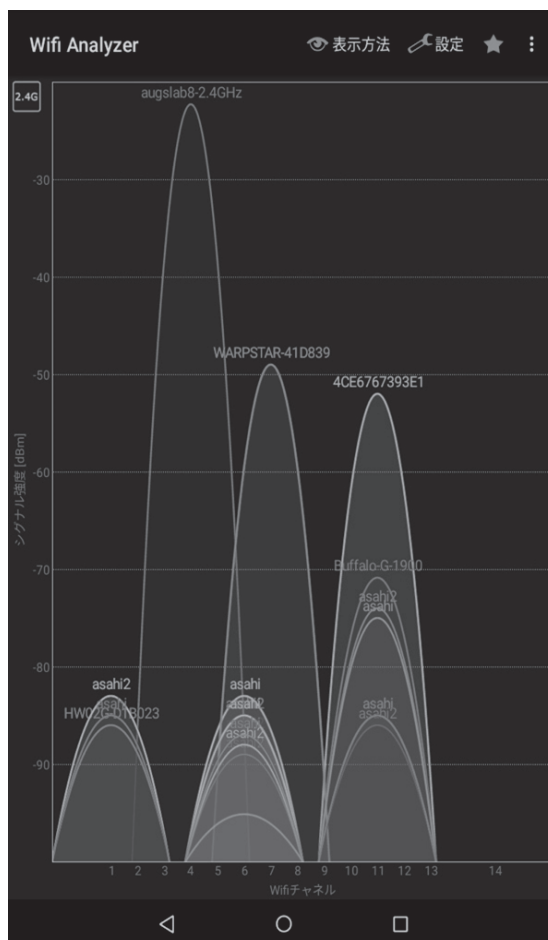


図1 Wi-Fi Analyzer を用いて計測

通信品質が劣化すると、インターネットに繋がりにくい、ダウンロードが遅い、通信の途中で接続が切れるなどの現象が生じる。今後、IoT (Internet of Things) の普及が進めば、2.4GHz帯の利用がますます加速するため、干渉は今以上に強くなると予想される。

この問題を解決するためには、チャンネルの干渉を小さくする、もしくは干渉しない割り当てを行うことが考えられる。現在、無線LANでは2.4GHz帯の他に、5GHz帯を用いる規格が定められている。5GHz帯はチャンネルの干渉が生じないような規格となっているため、2.4GHz帯のような問題は生じない。

しかしながら、5GHz 帯周波数が高いため、直進性が高く回折しにくい。室内の障害物に電波が遮られやすい特徴がある。よって、アクセスポイントの配置によっては、十分な性能が得られない場合がある。

3. 端末密度が与える影響

無線 LAN は通信方式として、CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) [3] を採用している。CSMA/CA は、信号の衝突を回避する方式である。無線 LAN のアクセスポイント及び端末は、周囲にある無線のチャネルの使用状況を常時感知し、他の端末がチャネルを使用していないか監視している。チャネルが使用されていないことを確認してから通信を開始するため、端末の数が増えると自ずと通信開始までの待ち時間が増えてしまう。

チャネルが利用されている状態かどうかを判定するのに、IFS (Inter Frame Space) を規定する。規定された時間より長く信号が検出されなければ、アイドル状態と判定する。利用されているのであればチャネルが空くまで待ち、さらにバックオフ時間を経過した後、通信を開始する。

要約すると、同一チャネルを用いて通信する端末が増えれば増えるほど、いずれかの端末が常にチャネルを占有していることになり、結果、アイドル状態になりにくくなる。通信タイミングは機会均等であるため、単純に端末数が増えれば、つながる確率が低くなり、通信に時間がかかってしまう。ユーザから見れば、無線 LAN に繋がりにくい、通信速度が遅いという状態となる。

4. Performance Anomaly 問題

無線の電波強度は電波の発生源から離れれば離れるほど弱くなっていく。すなわち、アクセスポイントから離れた端末は電波が弱く

通信エラーが生じやすくなる。また、伝搬距離が長くなるほど干渉も受けやすくなる。そこで、無線 LAN では、伝搬環境よって伝送レートを変更するマルチレート制御により回線を維持している [4]。

2.4GHz 帯を用いて通信する無線 LAN の規格に IEEE802.11g がある。IEEE802.11g では、6、9、12、18、24、36、48、54Mbps の 8 種類の伝送速度を利用することができる [4]。どの伝送速度を使用するかは、送受信局間の伝送路の状況に応じて動的に制御される。この機能を Rate Adaptation という。

マルチレート制御下では、アクセスポイントの配下に伝送レートの異なる端末が混在することになる。このとき、低速な伝送レートの端末が存在すると、アクセスポイントに接続しているすべての端末がその影響を受けてしまう。これを Performance Anomaly 問題という [5]。

Performance Anomaly が生じる原因は、著しく低速な伝送レートの端末が存在するためである。実効スループットを改善するには、低速な端末の伝搬環境を改善させ、高速な伝送レートに切り替えさせる必要がある。

アクセスポイントと低速な伝送レート端末を物理的に近づけることで、伝搬環境は改善する。そこで、アクセスポイントと端末の距離を小さくすることで Performance Anomaly を軽減させることを考える。そのためには、アクセスポイントもしくは端末を移動させる方法が必要である。

5. アクセスポイントの移動による通信品質の改善

ユーザの行動には時間依存性と場所依存性がある。たとえば、学食などは講義中は人が少なく閑散としているが、昼食時は満席となる。そのほか、駅は通勤・通学時間帯は混雑するが、それを避けた時間帯は空いている。

このように、時間帯や場所によって、人の混雑は変化する。無線 LAN を使うユーザにも同様の傾向があり、端末（利用者）の混雑度は場所や時間によって異なる。

4. で述べた Performance Anomaly については、端末とアクセスポイント間の距離を小さくすることで改善される。文献 [6 牧野] では、ユーザの最適なアクセスポイントへ行動変容の効果を調査している。結果、約 22.2% のユーザの行動が変容することがわかった。この手法を用いれば、通信サービスにおいても、通信品質に不満をもつユーザを誘導することが可能となる。

次に、ユーザではなく、アクセスポイントそのものを移動させる方法について検討する。文献 [7] では、端末の場所から通信速度が向上する場所を算出し、アクセスポイントが移動した場合の通信速度の変化を計算機シミュレーションにより明らかにしている。結果、シミュレーションエリアの中心に配置するよりも、端末の重心にアクセスポイントを異動させる方が、システムスループットが向上することを示した。

以上の結果から、アクセスポイントを動かすことでシステムスループットが向上することがわかった。そこで、端末の重心を計算し、その位置に自動的に移動するアクセスポイントを実装する。

6. システム設計

自律移動するアクセスポイントのシステム概要を図 2 に示す。

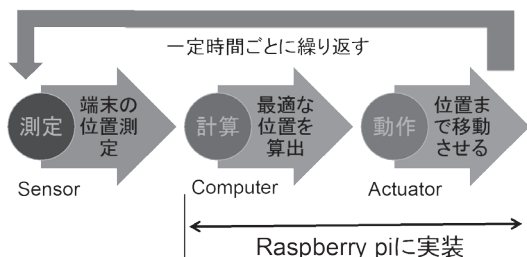


図 2 システムの概要

本システムでは、端末間の位置を測定し、それぞれの端末位置から重心を計算する。次に計算で求めた座標に向けてアクセスポイントを移動させる。これを一定時間ごとに繰り返す。本システムには、端末の位置測定のためのセンサー部、最適な位置を計算するための計算部、アクセスポイントを移動させるための駆動部に分かれている。それぞれがデータを連携することにより、最適な位置に移動することを可能とする。

測定については、様々な検討がなされているが、本稿では、あらかじめ分かっているものとする。また、最適な位置については、文献 [7] を参照し、端末の重心とする。駆動部については、地上での移動を考慮し、車両型とし、タイヤを動かすモータを制御する。

7. Raspberry Pi による試作

本稿では、アクセスポイントを動かすための駆動部の制御に Raspberry Pi [8] を用いて実装する。試作したアクセスポイントを図 3 に示す。

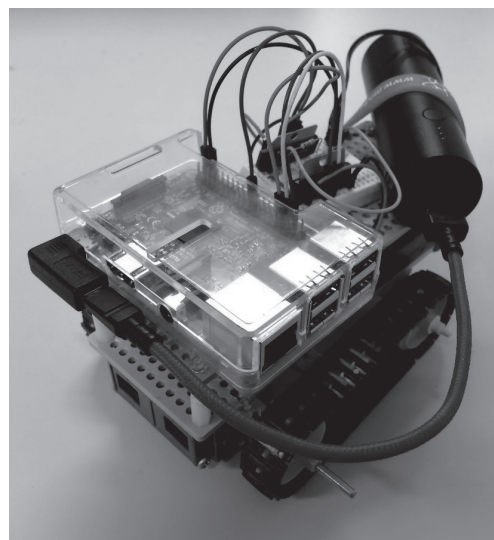


図 3 試作したアクセスポイント

作成に用いた機器の詳細は以下のとおりである。

《本体》

- ・ Raspberry Pi 3 Model B
- ・ USB2.0 Standard A × 4
- ・ IEEE802.11b/g/n (2.4GHz)

《車体》

- タイヤ：キャタピラー型
- 駆動系：モータ 130 タイプ × 2
ダブルギヤボックス
左右独立 4 速タイプ
- モータードライバ：TA7291P

《GPIO の制御》

- wiringPi によるモータ制御
(Raspberry Pi を C 言語で制御するための
パッケージ)

《電源》

- Raspberry Pi：Anker Power Core 5000
(5000mAh)
- モータ：乾電池 4 本

試作したアクセスポイントは、Raspberry Pi で二つのモータを制御することで、前進や方向転換を行う。タイヤはキャタピラとし、路面の凹凸を乗り越えられるように設計した。電源は、制御部である Raspberry Pi と、駆動部であるモータは別系統とした。GPIO (General-purpose input/output) の詳細を図 4 に示す。

Raspberry Pi のピン番号 31、33、35、37 を使って左右のモータ制御を行う。GPIO の制御には Wiring Pi [9] を用いる。Wiring Pi は Raspberry Pi 3 の GPIO を制御するためのライブラリであり、C 言語ライブラリの他に GPIO を制御する gpio コマンドも含まれる。

図 5 はブレッドボードの配線図を示す。図に示した電源 (乾電池) はモータの駆動のための電源である。Raspberry Pi から送られた信号がブレッドボードを通じてモータに伝えられ、駆動させる。

Pi 3										
BCM	wPI	Name	Mode	V	Physical	V	Mode	Name	wPI	BCM
		3.3v			1	2		5v		
2	8	SDA 1	IN	1	3	4		5v		
3	9	SCL 1	IN	1	5	6		0v		
4	7	GPIO 7	IN	1	7	8	0	IN	15	14
		0v			9	10	1	IN	16	15
17	0	GPIO 0	IN	0	11	12	0	IN	1	18
27	2	GPIO 2	IN	0	13	14		0v		
22	3	GPIO 3	IN	0	15	16	0	IN	4	23
		3.3v			17	18	0	IN	5	24
10	12	MOSI	IN	0	19	20		0v		
9	13	MISO	IN	0	21	22	0	IN	6	25
11	14	SCLK	IN	0	23	24	1	IN	10	8
		0v			25	26	1	IN	11	7
0	30	SDA 0	IN	1	27	28	1	IN	31	1
5	21	GPIO 21	IN	1	29	30		0v		
6	22	GPIO 22	OUT	0	31	32	0	IN	26	12
13	23	GPIO 23	OUT	0	33	34		0v		
19	24	GPIO 24	OUT	0	35	36	0	IN	27	16
26	25	GPIO 25	OUT	0	37	38	0	IN	28	20
		0v			39	40	0	IN	29	21
BCM	wPI	Name	Mode	V	Physical	V	Mode	Name	wPI	BCM

電源

Right Forward
Right Back
Left Forward
Left Back

図 4 GPIO (General-purpose input/output) の詳細

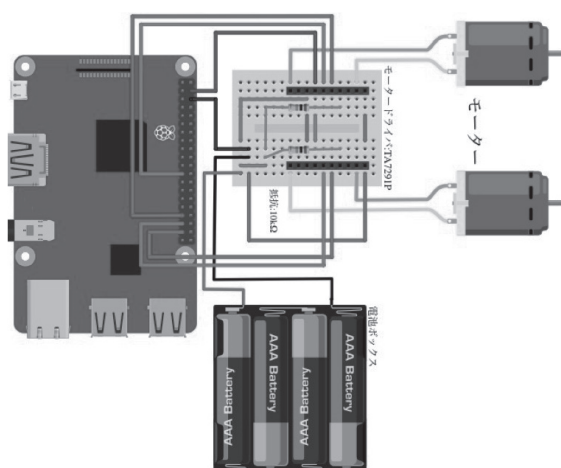


図5 ブレッドボードの配線図

8. 性能評価

本稿では、1m 四方のエリアにおいて目的地（ターゲット）を設定し、試作したアクセスポイントの移動誤差を調査した。結果、1m 進むためには約 12.6 秒必要であり、50m に換算すると約 10 分半かかることが分かった。また、直進性を評価した結果、実験を繰り返すに従い、左右のモータのバランスや地面の状況によって、直進しないことが分かった。直進しない原因は接触不良であり、実験を繰り返すたびに GPIO のピンがずれていくことが原因であった。しかしながら、モータへの信号自体は制御できていることから、モータの出力、基盤の精度、並びに駆動部を見直すことで、Raspberry Pi を用いてもアクセスポイントを移動させることができる。

9. まとめ

本稿では、無線 LAN の品質劣化の原因の一つである Performance Anomaly 問題に着目し、アクセスポイントの自律移動により、この問題を解決することを目指し、自律移動 AP を Raspberry Pi を用いて試作した。結果、Raspberry Pi からのモータの制御により、アクセスポイントをターゲットの位置まで移動させることができた。しかしながら、モータ

の出力が小さいため、移動に時間がかかりすぎるということがわかった。また、地上を移動させる場合、椅子や机など物理的な障害により、ターゲットまでの移動が難しいことが予測される。今後の課題として、スムーズな移動のメカニズムを構築する。

文献

- [1] Raspberry Pi 3, <https://www.raspberrypi.org/> (2018年6月20日アクセス)
- [2] 総務省、“数字で見るスマートフォン利用状況,”平成29年情報通信白書,第1部特集 データ主導経済と社会変革,pp3-13, July 2017.
- [3] IEEE 802.11TM WIRELESS LOCAL AREA NETWORK, www.ieee802.org/11/ (2018年6月20日アクセス)
- [4] F.Miki, D.Nobayashi, F. Yutaka, I. Takesh, "Performance Evaluation of Multi-Rate Communication in Wire-less LANs", Proc. IEEE CCNC 2010, Jan. 2010.
- [5] M. Heusse, F. Rousseau, G. Berger-Sabbatel, "Performance anomaly of 802.11b," Proc. INFOCOM 2003, pp.836-843 vol.2, Mar. 2003.
- [6] 牧野愛, 矢守恭子, 大西健夫, 高橋英士, 城島貴弘, “無線 LAN におけるユーザ誘導のためのモビリティマネジメントの適用と分析,”信学技報, CQ2015-115, pp.43-48, Mar. 2016.
- [7] 林佑紀, 矢守恭子, 田中良明, “自律移動アクセスポイントによる Performance Anomaly の軽減,”電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会, No.54. March. 2018.