

多数の近接する移動無線 LAN の総スループット向上を目指す チャンネル割当方法

磯村 美友[†]

熊谷 菜津美[†]

村瀬 勉[‡]

小口 正人[†]

[†]お茶の水女子大学

[‡]NEC

1. はじめに

近年、モバイルルータやテザリングなどの普及により、個人が移動無線 LAN(WLAN) を持ち歩くことが容易になり、会議の場やカフェなどのように、近接した状況で多くの WLAN が稼働する状況が増えている。このような混み合った状況においては、従来手法とは異なった適切なチャンネル割当方法が必要となる。

本研究では、WLAN の全スループット(トータルスループット)を向上させるチャンネル割当方法の提案と性能評価を行った。

2. 従来技術

2.1 関連研究とその課題

WLAN のチャンネル割当に関する研究は、既に様々な環境で行われている [1]。従来、天井などに固定されたアクセスポイント(AP)で使用することが前提だった WLAN は、電波干渉を避けたチャンネル割当を計画的に行うことで性能劣化を避けることが出来た。しかし、AP に移動性があり、AP と端末が非常に近距離にある WLAN が多数存在するような状況では、上述の計画的にチャンネル割当を行う制御は、適当ではない。なぜならば、(1) キャプチャエフェクトなどによりコリジョンを起こしてもフレームエラーにならない場合、および、(2) WLAN 間の距離が近いあるいは WLAN 数が多い場合には、2.3 節で述べるように干渉の度合いが一層強くなるためである。さらに、現在普及している市販 AP やモバイル端末の中には、チャンネルが最初から固定されており、自由に変更できないものもある。

これらの課題を踏まえて、本研究では、与えられた条件の下で、複数の WLAN に対して、全体の性能向上が見込まれるチャンネル割当方法を提案する。

2.2 チャンネル差とスループット特性

多数の移動 WLAN が近接して存在する場合においては、近隣、あるいは同一チャンネルを使用せざるを得なくなる。文献 [2] において、2.4GHz 帯のチャンネル 1~11 の中では、4 チャンネル差以上離れたチャンネル(たとえば、チャンネル 1 とチャンネル 5)を 3 つ取ることが最大トータルスループットを獲得する唯一の方法であることが示されている。すなわち、チャンネル差 4 以上ではおおよそ異なるキャリアセンスドメインになり、逆にチャンネル差 3 以下ではおおよそ同じ

キャリアセンスドメインになる。

2.3 干渉するチャンネルの WLAN 同士の競合

上記、チャンネル差が 3 以下の WLAN 同士のスループット低下要因は主として次の 2 つである。(a) 送信時; コリジョンによるビットエラーのため、フレームエラーが発生する場合あるいは、(b) 送信待機時; 送信側が干渉波をキャリアとして検出しキャリアビジーのため、送信を待つ場合である。さらにチャンネル差が 1, 2, 3 のときは、信号強度の揺れなどにより、チャンネル差が 0 のときよりも性能が劣化する。このため、3 チャンネル差以下の近隣のチャンネルの利用率を上げることで、ある特定のチャンネルの利用率を下げ、それにより、その特定のチャンネルからの干渉を軽減させるといった制御が可能である。これは、同じキャリアセンスドメインでは送信機会が均等であるためである。実際には、隣接チャンネルを使用しているアクティブな端末数あるいは AP 数を増加させればよい。たとえば、チャンネル 1 とチャンネル 3 の WLAN があるときに、チャンネル 5 に WLAN を追加することで、チャンネル 1 とチャンネル 3 の干渉を少なくすることができ、その結果チャンネル 3 のスループットは低下するが、チャンネル 1 のスループットをより向上させられる可能性がある。

3. チャンネル割当方法の提案と合計スループット評価

ここでは、提案するチャンネル割当方法について述べ、さらに提案割り当て時のトータルスループット評価結果を紹介する。

3.1 チャンネル割当方法の提案

すべてが、チャンネルが可変な WLAN(可変局と呼ぶ)である場合には割り当て方法がほぼ自明であるため、ここでは、チャンネルが固定の WLAN(固定局と呼ぶ)がいくつか存在する場合について、詳しい割り当て方法を説明する。その固定チャンネルがチャンネル何番に固定されているかで、図 1 のように分類できる。それぞれの場合分けに対する割当方法を図 2 に示す。

3.2 提案するチャンネル割当方法の基になる理由

ここで、提案する各チャンネル割当方法のメカニズムを述べる。(1) について、チャンネル 1, 6, 11 の各チャンネルに接続する WLAN 数がトータルスループット向上の鍵となる。周波数の端に存在するチャンネル 1, 11 は、中央のチャンネル 6 よりも他チャンネルを使用する WLAN からの干渉波が小さいので、トータルスループット向上の為には両端のチャンネルを有効に使用する事が求められる。以上より、(1) の

Channel Assignment for Total Throughput in Highly Densely Deployed Mobile Wireless LANs

[†] Mitomo Isomura, Natsumi Kumatani, Masato Oguchi

[‡] Tutomu Murase

Ochanomizu University ([†])

NEC Corporation([‡])

割当方法を提案する．(2)(3) について，2.2，2.3 節の理由より，割当方法を提案する．(4) について，(3) で述べた原理と同様の理由から，固定局はそのまま使用した状態で，可変局を全てチャンネル 1，6，11 に割当，両端のチャンネルを多く使用する様な割当を提案する．(5) について，3 つのチャンネルを使用するという事が鍵となる．たとえ干渉したとしても 3 つのチャンネルを使用する事は，チャンネルの使い方によっては干渉しない 2 つのチャンネル以上の帯域確保に繋がる．そこで，(5) の割当方法を提案する．(6) について，(5) の場合と同様に考えることが出来る．以上より，(6) の割当方法を提案する．

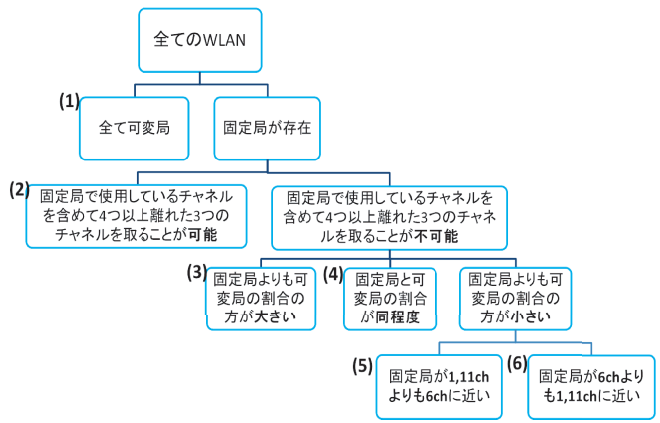


図 1: WLAN のチャンネル接続状態における場合分け

(1)	全ての可変局をチャンネル1,6,11に割当，両端のチャンネル1,11をより多く使用
(2)	固定局はそのままの使用した状態で，両端のチャンネルをより多く使用
(3)	固定局はそのままの使用した状態で，可変局を全てチャンネル1,6,11に割当る．チャンネル6には固定局よりも多くのWLANを割当，更に，両端のチャンネルをより多く使用
(4)	固定局はそのままの使用した状態で，可変局を全てチャンネル1,6,11に割当，両端のチャンネルをより多く使用
(5)	可変局は固定局のチャンネルのみを使用，もしくは，固定局はそのまま使用し，新規にチャンネル1,11を取り入れて使用
(6)	固定局はそのまま使用し，なるべく多くチャンネル6から遠い方向に(固定局とのチャンネル差が最大となるように)ずらして使用

図 2: 場合分けに応じたチャンネル割当方法

3.3 トータルスループット評価

前節で述べたチャンネル割当方法で，どの程度性能が向上するのか，また，図 1 の (3)～(6) における分類は，全 WLAN に対する可変局の割合がどの程度の値で替わるのかを実機を用いた実験により調査した．

無線 LAN には IEEE802.11g を用い UDP トラヒックを用いた．1 つの WLAN システムは 1 つの AP と 1 台の送信端末で構成され，AP と送信端末は可能な限り近い場所(数 cm 程度)に設置した．各 WLAN を，格子状の端点に設置し，隣の AP との間隔を 1m に設置した．

前節で提案するチャンネル割当方法の中で，(1)，(2) の割当方法が他の割当方法よりも良い事は自明であるため，(3) のトータルスループット評価から述べる．今回は，チャンネル 4，8 にチャンネル固定の WLAN 固定局が 2 組ずつ存在するという前提の下，WLAN 可変局の数を変更した．可変局の割合が 75% の場合，(3) で提案する割当方法以外の割

当方法として，(a):チャンネル間干渉をなるべく避けた固定局の使用するチャンネルのみを使用した割当や，(b):(4) で提案している割当(固定局はそのまま使用し，チャンネル 1，11 のみを増加させた割当)も比較的高いスループットを得られる．そこで，これら 3 つの割り当てでのスループット評価を行った．その結果，提案するチャンネル割当方法を適用させた場合には，固定局はそのまま使用し，チャンネル 1，11 のみを増加させた割当方法よりも約 25%性能が改善する事が明らかになった．

(4) のスループット評価について述べる．可変局の割合が 55% の場合，(4) で提案する割当方法以外の割当方法として，(c):固定局のチャンネルのみを使用した割当方法と，(d):固定局に加えて新規にチャンネル 1，11 を使用する方法が考えられる．そこで，これら 3 つの割当方法を評価した．その結果，提案するチャンネル割当方法の方が僅かに性能が良いことが明らかになった．

(5) のスループット評価について述べる．可変局の割合が 33% の場合，(5) では，(5-1) 固定局はそのまま使用し，可変局をなるべくチャンネル 6 から遠いチャンネル，つまりチャンネル 1，11 に接続し，両端のチャンネルであるチャンネル 1，11 になるべく多く WLAN を割当ててような方針を提案．もしくは，(5-2) 可変局は固定局が既に使用しているチャンネルのみを使用する割当を提案している．そこで，これら 2 つの割当方法を評価した．その結果，どちらの割当も大きく差が無いことが明らかになった．

以上のスループット評価をまとめ，全 WLAN に対する可変局の割合がどの程度の値で，WLAN 接続状態における場合分けが切り替わるのか詳細に調査した．その結果，全 WLAN に対する可変局の割合が 50% までは前節で示した提案する割当方法の (5)，55% 前後では (4)，67% 以降は (3) となった．

4. おわりに

近接して多数台の WLAN が存在し，さらにチャンネルを変更できない WLAN(固定局) が一部存在するときに，その他の WLAN を適度なチャンネルに割り当て，スループットを向上させる割り当て方法を提案した．チャンネル 4，8 に固定局がある場合，提案の割当方法を適用することで，トータルスループットが最大で約 25%改善する事を示した．

参考文献

- [1] Jeroen Avonts, Nik Van den Wijngaert, Chris Blondia, "Distributed Channel Allocation In Multi-Radio Wireless Mesh Networks" Computer Communications and Networks, 2007, PP.939-944 Aug. 2007
- [2] 磯村 美友, 三好 一徳, 山口 一郎, 熊谷 菜津美, 村瀬 勉, 小口 正人"多数の無線 LAN における干渉とキャプチャエフェクト解析" マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2013) シンポジウム, 8B-1, PP.1812-1818, 2013 年 7 月