

# 移動無線 LAN の集中度合における干渉の影響

磯村 美友 (指導教員：小口 正人)

## 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 を持ち歩き、会議の場やカフェなどで利用する機会が増えている。特に、会議など1箇所に多くの無線 LAN が集中する場合には、無線 LAN 同士の電波が非常に多く重なってしまう事で、無線 LAN 同士が多大な干渉を及ぼし合い、全ての無線 LAN のトータルスループットを大きく低下させてしまう恐れがある。

本稿では、多数組の無線 LAN が 1m 間隔で存在するときのチャンネル割当におけるトータルスループットの特性評価を実機により行った。さらに、チャンネル割当方法がスループットに及ぼす影響は、無線 LAN 同士の距離に応じて差があることを示す。

## 2 既存研究

### 2.1 干渉

スループット低下の原因となる干渉について説明する。干渉とは、他の無線 LAN の電波が自無線 LAN の電波に重なりスループット性能に影響を与える現象を指す。干渉によって、フレームの衝突(コリジョン)が原因となるフレームエラーが発生するため、再送が起きてしまい、スループットが低下する。あるいは、送信側が干渉波を検出しキャリアビジーと判断してしまうことにより、待ち時間が発生しスループットが低下する。干渉の影響の程度は、干渉に関与している無線 LAN 同士の距離を離すことで、弱めることができる。

### 2.2 従来研究とその課題

無線 LAN が近接する場合の通信品質に与える影響については様々な検証がなされている。[1] では理論上電波干渉が無いとされる IEEE802.11 無線 LAN のチャンネル 1,6,11 間においても、距離が近ければ、漏洩電波などのため、お互いに干渉を起こすといった現象が指摘されている。しかしながら、多数台の無線 LAN を使用した場合の評価については述べられておらず、多数の干渉波が存在する状況でも、同様のことが成り立つのか明らかではない。一方 [2] では、多くの無線 LAN を扱い、無線 LAN 同士が 50cm × 50cm の範囲内という、かなり密接した近距離に設置した環境でのチャンネル割当方法について検証がなされており、最適なチャンネル割当を実現するためには、干渉と競合を同時に考慮したチャンネル割当が必要であると示されている。しかし、この結果は無線 LAN 同士の距離が非常に近いという点から、無線 LAN 同士が極めて大きな干渉を及ぼし合っている可能性が高く、無線 LAN 同士の距離の違いを考慮したチャンネル割当についてさらに調査する必要がある。

## 3 干渉度合とリンク容量の増加を考慮した場合のチャンネル割当方法

まず、干渉しないチャンネル割当を行った場合と、干渉の影響が若干存在しても使用するチャンネル(リンク

容量)を増やした場合では、どちらが周波数帯域を有効に使用できるのかを調査した。

実験系の構成について説明する。実験は、AP(アクセスポイント)にポケットルータを使用し、送信端末には Android 携帯端末を用い、AP の先に有線接続した受信サーバを配置した。スループット測定には iperf を用い、通信方式は UDP 通信で uplink 方向に通信し、無線 LAN には IEEE802.11g を用いた。1組の無線 LAN システムは1つの AP と1台の送信端末で構成し、今回は 18 組の無線 LAN を使用した。各無線 LAN を、格子状の端点に設置し、隣の AP との間隔を 1m に固定して、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。

以下の (a),(b),(c) の3種類の実験を行った。それらは、(a)干渉が比較的小さいと思われるチャンネル 1,6,11 に6組ずつ無線 LAN を割当てた場合、(b)干渉の影響が僅かに存在するチャンネルを選び、使用する周波数帯域を増やしたチャンネル割当である、チャンネル 1 に4組、チャンネル 5 に5組、チャンネル 9 に5組、チャンネル 13 に4組の無線 LAN を割当てた場合、(c)実験 (b) よりも干渉の影響が大きい割当として、チャンネル 1 に4組、チャンネル 4 に5組、チャンネル 7 に5組、チャンネル 10 に4組の無線 LAN を割当てた場合、の3種類である。

図 1 に (a),(b),(c) それぞれの無線 LAN の配置とチャンネル設定を示す。干渉の影響を明確にするために近隣の同じチャンネルはなるべく近い位置に配置した。

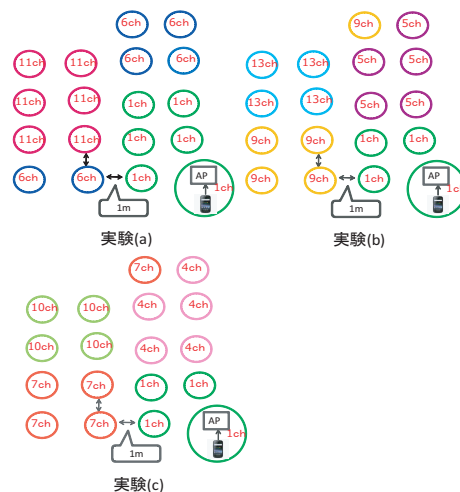


図 1: 無線 LAN の配置とチャンネル設定

図 2 は 3 種類のチャンネル割当におけるトータルスループットの比較である。(a)においては、トータルスループットが 63.1Mbps となり、1 台の無線 LAN のスループットを約 3 倍した値であり、干渉の影響がないことを確認できた。また、(b)においては、トータルスループットが 82.5Mbps となった。干渉の影響が全くないとした場合の計算上のトータルスループットである 21Mbps × 4 組=84Mbps に近い値となり、干渉の影響は若干存在するものの、3 種類の実験の中で、最も良い値を示した。最後に、(c)においては、トータルスループットが 49.3Mbps となり、干渉の影響が

全くないとした場合の計算上のトータルスループットである  $21\text{Mbps} \times 4\text{組} = 84\text{Mbps}$  を大きく下回っており、干渉の影響が大きく、通信品質が劣化している。

以上の評価結果から、非常に多くの無線 LAN が 1m 間隔で存在する場合、干渉を避けたチャンネル割当 (例えばチャンネル 1,6,11) を行う場合より、干渉の影響が僅かに存在するチャンネル (例えばチャンネル 1,5,9,13) をあえて使い、若干の干渉の影響と引き換えに、使用するリンク容量 (チャンネル) を増やす事で、効率よく周波数帯域を使用することができ、また全体のスループットも大きくできることがわかった。

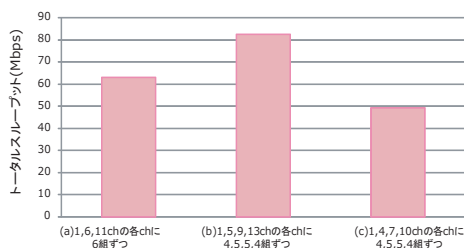


図 2: 干渉度合の異なるチャンネル割当とトータルスループット

#### 4 チャンネル割当方法の距離に対する効果

次に、チャンネル割当方法がスループットに及ぼす影響は、無線 LAN 同士の距離によって差があることを示す。干渉を避けたチャンネル割当 (チャンネル 1,6,11) を行った場合と、前章で求めた効率の良いチャンネル割当 (チャンネル 1,5,9,13) を行った場合を比較し、距離に応じたチャンネル割当の効果を調査した。

実験系の構成は前章と同じであり、18組の無線 LAN を使用した。無線 LAN の配置とチャンネル設定を図 3 に示す。干渉を可能な限り少なくするために、なるべく四方向のチャンネルと同じにならないようチャンネルを設定し、隣の AP との間隔を  $d\text{m}$  に設置した。

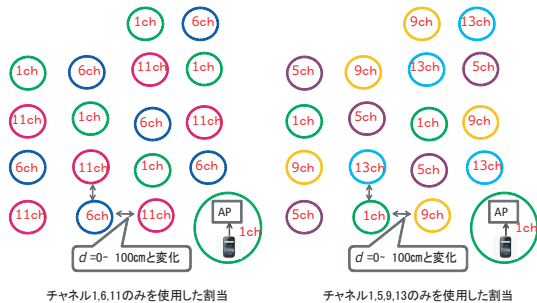


図 3: 無線 LAN の配置とチャンネル設定

互いの無線 LAN システム間の距離  $d$  を変化させ、それぞれの距離における実験系全体のスループット (トータルスループット) を表したものが図 4 である。距離  $d=0\text{cm}$  において得られたトータルスループットは、干渉のないチャンネル 1,6,11 の割当を行った場合では  $19.5\text{Mbps}$  となり、これは干渉がない場合の計算上のトータルスループットである  $21\text{Mbps} \times 3\text{組} = 63\text{Mbps}$  を大きく下回っており、干渉の影響により通信品質が劣化している。また、干渉の影響を若干受けてもリンク容量を増やしたチャンネル割当であるチャンネル 1,5,9,13 の割当を行った場合には、干渉のないチャンネル 1,6,11 の割当を行った場合と、おおよそ同じ値の、 $20.0\text{Mbps}$  となり、これは干渉がない場合の計算上のトータルスループットである  $21\text{Mbps} \times 4\text{組} = 84\text{Mbps}$  を大きく

下回っており、干渉の影響により通信品質が劣化している。距離  $d=1\text{m}$  において得られたトータルスループットは、干渉のないチャンネル 1,6,11 の割当を行った場合では  $74\text{Mbps}$  となり、これは干渉のない無線 LAN スループットの 3 倍を超えており、干渉の影響がないことを示している。チャンネル 1,5,9,13 の割当を行った場合には、干渉のないチャンネル 1,6,11 の割当を行った場合よりも高い値である  $95.0\text{Mbps}$  となり、これは干渉のない無線 LAN スループットの 4 倍を超えており、干渉の影響がほぼないことを示している。以上の結果から、チャンネル割当方法がスループットに齎す効果は、無線 LAN 同士の距離によって程度が異なり、互いの無線 LAN の距離が  $0\text{m}$  地点ではどんなチャンネル割当を行ってもトータルスループットに齎す効果は小さいが、互いの無線 LAN 同士の距離が  $1\text{m}$  程度まで離れると、チャンネル割当がトータルスループットに齎す効果は大きくなる。

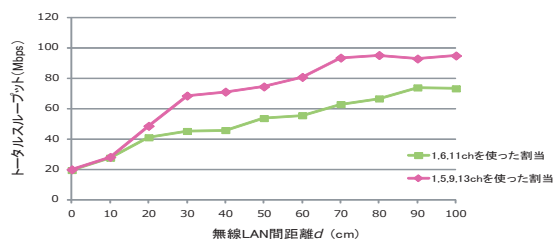


図 4: それぞれのチャンネル割当において無線 LAN 間距離を変化させた場合のトータルスループット

#### 5 まとめと今後の課題

多数台の無線 LAN が  $1\text{m}$  間隔で存在するとき、若干の干渉と引き換えに使用するチャンネルを増やしリンク容量を増加させたチャンネル割当 (チャンネル 1,5,9,13) は、干渉のないチャンネルのみを使用したチャンネル割当 (チャンネル 1,6,11) よりも効率良く周波数帯域を使用できる。また、チャンネル割当方法がスループットに齎す効果は、無線 LAN 同士の距離に応じて程度の差がある。互いの無線 LAN の距離が  $0\text{m}$  地点ではどんなチャンネル割当を行ってもトータルスループットに齎す効果は小さいが、互いの無線 LAN 同士の距離が  $1\text{m}$  程度まで離れると、チャンネル割当がトータルスループットに齎す効果は大きくなる。

今後は、多数の無線 LAN が存在する環境でトラヒック量などトータルスループットに影響を与えるパラメータを変化させて特性を把握し、検討していきたい。

#### 参考文献

- [1] Jens Nachtigall, Anatolij Zubow, Jens-Peter Redlich: "The Impact of Adjacent channel Interference in Multi-Radio Systems using IEEE 802.11," IEEE IWCMC, 2008.
- [2] 熊谷菜津美, 磯村美友, 村瀬勉, 小口正人: "無線 LAN アクセスポイントのチャンネル内競合とチャンネル間干渉を同時に考慮したチャンネル割り当て手法," 電子情報通信学会, CQ 研究会, NS2012-94, pp.79-84, 京都大学, 2012 年 10 月
- [3] 磯村美友, 熊谷菜津美, 村瀬勉, 小口正人: "移動無線 LAN の集中度合における干渉と競合の影響," DEIM2012, 2012 年 3 月発表予定