

## 無線 LAN の集中度合と QoS の基本特性の一検討

磯村 美友<sup>†</sup>熊谷 菜津美<sup>†</sup>村瀬 勉<sup>‡</sup>小口 正人<sup>†</sup><sup>†</sup>お茶の水女子大学<sup>‡</sup>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 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。会議など1カ所に多くの無線 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。

本稿では複数の無線 LAN が存在するとき、干渉しないチャンネルを作るための無線 LAN 同士の距離を調査し、無線 LAN 同士を先に求めた距離だけ離れた環境におけるトータルスループットの特性評価を行った。

## 2. 既存研究

## 2.1 干渉

スループット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）によ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。干渉影響の度合いは、干渉に関与している無線 LAN 同士の距離を離すことで、弱くすることができる。

## 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。[2][3]では無線 LAN システム数が少数の場合のチャンネル間干渉の影響や、マルチホップネットワークを使用した通信品質の改善など様々な提案がなされている。電波干渉が無いとされるチャンネル 1,6,11 においても、距離が近ければ、漏洩電力などのため、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、[1]では、多数台の無線 LAN を扱っているが、無線 LAN を 50cm 以内といったかなりの近距離に設置した場合の実験結果が報告されている。近距離に多数台の無線 LAN を設置すると、干渉の影響が大きく

現れ、性能が著しく低下することが示されている。しかしながら、この結果は、チャンネル 1,6,11 においても、お互いに干渉を起こしている可能性が高く、無線 LAN 間距離と干渉の関係をさらに調査する必要がある。

## 3. 無線 LAN 間距離と干渉によるスループット劣化

まず、多数台の無線 LAN が配置されるとき、電波干渉が無いとされるチャンネル 1,6,11 においても、距離に応じて干渉がどの程度現れるのかを実機により調査する。実験系の構成について説明する。実験は、AP にポケットルータ (PLANEX MZK-MF300N) を使用し、送信端末には Android 携帯端末 (Nexus S, Galaxy S) を用いた。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。今回は、基本性能を把握するという点で上位プロトコルの影響の含まれない利用可能スループットを評価するために UDP 通信を用いた。TCP 通信の場合は、輻輳制御のため、輻輳制御アルゴリズムや AP のバッファ量などに依存してスループットが変わってきてしまうからである。また、downlink は、送信端末数が変化したときにも性能が変化しないが、uplink は、送信端末数に依存してスループット特性が変化する。今後のことも考慮して uplink 方向のトラフィックを用いた。

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、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。図 1 に示すように、各無線 LAN を格子状の端点に設置し、隣の AP との間隔を  $d_m$  に設置した。2.4GHz 帯で使用可能なチャンネル数は日本では 13 チャンネルであり、チャンネル数以上 (今回は 18 組) の無線 LAN システムを使用した。各無線 LAN は、チャンネル 1,6,11 のいずれかを利用し、干渉を少しでも少なくするために、なるべく四方向のチャンネルが同じにならないよう図 1 のように設定した。

実験場所は、お茶の水女子大学 (東京都文京区) の会議室であり、会議室の電波環境は、Android 携帯端末において WifiAnalyzer アプリケーションで確認したところ、チャンネル 1,6,8,10,11 に実験系以外の無線 LAN が検出された。しかしながら、実験系において iperf で計測したスループットは、約 23Mbps であったこと、及び AirPcap を用いてフレームキャプチャを行った結果から、実験系以外の実際のトラフィックは、無視できるほど小さいことを確認している。

互いの無線 LAN システム間の距離  $d$  を変化させ、そ

A Study on Basic Characteristics of QoS in Densely Deployed Wireless LANs

<sup>†</sup> Mitomo Isomura, Natsumi Kumatani, Masato Oguchi

<sup>‡</sup> Tutomu Murase

Ochanomizu University (<sup>†</sup>)

NEC Corporation(<sup>‡</sup>)

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2である．距離  $d=1m$  において，チャンネル 1,6,11 が独立した通信を行えることを確認した．距離  $d=1m$  において得られたトータルスループットの 74Mbps は，干渉の無い無線 LAN スループットの約 3 倍である．すなわち，非常に多くの無線 LAN が存在する環境でも無線 LAN 同士の距離を 1m 程度離すことで，チャンネル 1,6,11 をお互いに干渉の無いチャンネルとして使用することができる．なお，1m という距離は，会議やカフェなどで隣り同士で維持する距離相当と考えられ，またパーソナルスペース相当の距離でもある．従って，人間が持ち歩く無線 LAN 同士をこの距離だけ離すのは，それほど困難ではないと思われる．

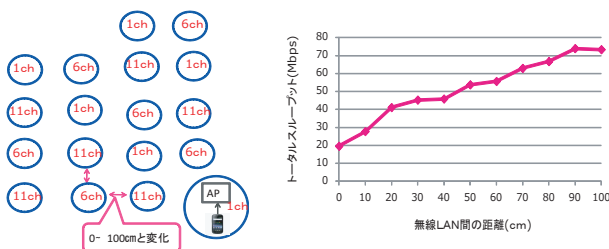


図 1: 無線 LAN の配置とチャンネル設定  
図 2: チャンネル 1,6,11 に 6 組ずつ無線 LAN を割り当てたときの無線 LAN 間距離とスループット

#### 4. 適度な距離に配置した無線 LAN へのチャンネル割当方法とスループット

ここでは，多数台の無線 LAN が近接した場合でも，ある程度の距離を取ることで，干渉しない独立したチャンネルが得られるという前章の結果を基に，各無線 LAN へのチャンネル割当方法について議論する．割当方法の違いと干渉の影響について調べるため，a,b,c の 3 種類の実験を行った．それらは，a:同チャンネルからの干渉が多い割当として全無線 LAN がチャンネル 1 を共有している場合，b:隣接チャンネルからの干渉が多い割当として各無線 LAN がそれぞれ別のチャンネルを共有している場合，c:干渉が比較的小さいと思われる割当，の 3 種類である．実験系の構成は前章と同じであるが，ここでは簡単化のため，無線 LAN の数は 6 組とし，距離は 1m のみで固定とした．無線 LAN の配置を図 3 に示す．

図 4 は，前記 3 種類の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，6 組の無線 LAN のトータルスループットは 28.5Mbps となった．これは，1 組の無線 LAN 単独で iperf で計測した結果である約 23Mbps の値以上で，なおかつシミュレーションなどでエラーのない理想的な仮定でスループットを算出したときに得られる約 30Mbps 以下の値であり，チャンネルの帯域を無駄なく使用した結果，得られたと考えられる．また，b の場合（無線 LAN をチャンネル 1~6 に 1 組ずつ割当）のトータルスループットは 43.0Mbps であり，もし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  $23Mbps \times 6 組 = 138Mbps$  を大きく下回っており，

干渉により通信品質が劣化していた．最後に c の場合には，3 種類の中で最も良いトータルスループットを示した．このときの値は 1 組の無線 LAN のスループットを 3 倍した 68.9Mbps であり，干渉の影響が無いことが確認できた．以上の評価結果から，無線 LAN を所持する人がたくさん集まる会議の場など 1 か所に集中して非常に多くの無線 LAN が存在する場合でも，互いに 1m 程度離れてスペースを確保し，干渉が避けられるチャンネル（例えばチャンネル 1,6,11）を使用することで，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．

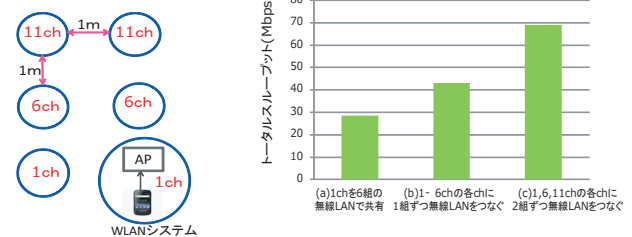


図 3: 無線 LAN の配置  
図 4: 無線 LAN 間距離が 1m のときのチャンネル割当とトータルスループット

#### 5. おわりに

一般に干渉しないといわれているチャンネル 1,6,11 でも，多数台の無線 LAN 密集状態においては干渉すること，また，距離をある程度離せば，干渉を軽減できることを確認した．1m 離せば，多数台の WLAN でも，チャンネル 1,6,11 はお互いに干渉の影響を全く受けないようにする（独立に扱える）ことができる．無線 LAN が，この 1m 離れた距離に多数存在する時に，干渉のないチャンネル 1,6,11 を最大限利用した割り当てと，そうでない場合を比較した．極端な場合には，2 倍以上の差がつくことを明らかにした．

謝辞 本研究は一部，独立行政法人情報通信研究機構の委託研究「新世代ネットワークを支えるネットワーク仮想化基盤技術の研究開発・課題ウ 新世代ネットワークアプリケーションの研究開発」によるものである．  
参考文献

- [1] 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
- [2] Arunesh Mishra, Eric Rozner, Suman Banerjee, Willia Arbaugh“ Exploiting Partially Overlapping Channels in Wireless Networks: Turning a Peril into an Advantage ,” Proceedings of the 5th ACM SIGCOMM conference on Internet Measurement (IMC '05), 2005.
- [3] Jens Nachtigall, Anatolij Zubow, Jens-Peter Redlich: “The Impact of Adjacent channel Interference in Multi-Radio Systems using IEEE 802.11,” IEEE IWCMC, 2008.