

多数の近接する無線 LAN における通信特性及び制御方法の提案と評価

理学専攻・情報科学コース 磯村 美友

1 はじめに

近年、テザリングやモバイルルータの普及により個人用のポータブルな移動無線 LAN(WLAN)が増加している。多くの WLAN をカフェや会議場など狭い領域内で使用すると、WLAN 同士の電波が非常に多く重なってしまう事で、WLAN 同士が多大な干渉を及ぼし合い、全ての WLAN のトータルスループットの低下が懸念される。また、従来はアクセスポイント (AP) が天井や壁などに固定された状態で使用するのが一般的であったが、移動 WLAN の普及により AP と端末が非常に近接した状態のまま使用されるようになった。これらの事より、従来とは異なる影響を考慮し、調査する必要がある。性能がどの程度低下するのかといった定量的な特性やそのメカニズム、低下を軽減するための方策については明らかではなかった。

本研究では、このような状況での特性評価と性能向上を課題と設定し、実機実験やシミュレーション等を通して、次のようなことを明らかにした。

まず、無線 LAN 数の増加に対するスループット特性は、信号とノイズ比で効果の度合いが決まるキャプチャエフェクト (CE) の大小によって決定する事を、実機評価と数値計算にて明らかにした。全ての WLAN が自動レートである場合には、Performance Anomaly(PA) が性能劣化の主要因である事を明らかにし、対策として伝送レートを固定する制御とトラフィック量を制限する制御を提案、実機評価し有効性を示した。

また、多くの WLAN が密集する場合には、WLAN 間距離や AP-送信端末間距離といった異なる属性値の WLAN が混在する事が予想される。その場合には、属性値によって変化する CE の大小が混在する。性能が向上するか低下するかは、属性値の値によって大きく変化する。そこで本稿では CE の強弱に特に大きな影響を与える、WLAN 間距離が異なる場合、AP-端末間距離が異なる場合、WLAN 当たりの送信端末数が異なる場合の、3つの属性値に着目し、属性値に起因する CE の影響を定量的に評価し、スループット特性を明らかにした。

2 CE が性能に与える影響

2.1 移動型 WLAN を想定した場合の CE

多数の WLAN が近接して存在する場合においては、近隣、あるいは同一チャネルを使用せざるを得なくなり、全ての WLAN のトータルスループットなどの性能劣化が避けられなくなる。しかし、CE の影響がこれまで以上に強くなるので WLAN 毎に並列転送が可能となり、性能が向上する可能性がある。従来の固定型 AP は壁などに固定された状態で使用されているため、CE での並列転送のチャンスは少ない。一方、移動型 WLAN は AP と端末が近接した状態で使用される。そのため、WLAN 内の信号と WLAN 外からもたらされるノイズの差が大きくなる。つまり、CE の働きが大きくなる。フレームが衝突した場合 (コリジョンが発生した場合) における CE の結果について、主に 3通りの

場合がある。(1)1つの受信端末(あるいは AP)が2つの端末から同じ位の受信電力でフレームを受信し、コリジョンを起こした場合、両方のフレームがエラーになる可能性が高い。(2)1つの受信端末が2つの端末から受信電力の異なるフレームを受信しコリジョンを起こした場合、片方のフレームは受信に成功するが、もう片方のフレームはエラーになる可能性が高い。これらの2つの場合、エラーが原因でバックオフや再送、伝送レートの低下が引き起こされる。(3)2つ以上の受信端末が、それぞれ2つ以上の信号を受け取り、ノイズよりも信号のほうがある程度以上大きい場合、コリジョンが起こったとしても、複数の受信端末は、共に受信に成功する。APと端末が近接している構成のWLANの場合においては、(3)のように並列転送に成功する現象が起こりやすい。

2.2 異なる属性値の WLAN における CE の大小

全ての WLAN において属性値が同一の場合、WLAN 毎に CE の強さは同一である。しかし異なる属性値の WLAN が存在した場合においては、WLAN 毎に属性値により CE の大小が異なり、そういった WLAN が密集する。故に、性能が向上するか低下するかは属性値によって決まる。

WLAN 間距離が異なるものが混在した場合 (WLAN 間距離の短い WLAN と長い WLAN が近接する場合) には、WLAN 間距離の短い WLAN は、他の WLAN からのノイズが強く届くことから SINR が小さくなり CE が低下する。

AP-送信端末間距離が異なるものが混在した場合 (AP-端末間距離の近い WLAN と遠い WLAN が近接する場合) には、AP-端末間距離の遠い WLAN は、自 WLAN における受信信号が距離と共に減衰することから SINR が悪化し CE が低下する。

WLAN 当たりの端末数が異なる場合 (1つの AP に多数の送信端末が接続されている場合と少数の送信端末が接続されている場合) においては、多数の送信端末が接続されている WLAN は、同一 WLAN 内で同時に送信する確率が高く、その場合は前節の (1) のケースに該当するため、スループットは低くなる。

3 異なる属性値の WLAN が密集する場合の通信特性評価

属性値が均質 (ホモ) な場合と、平均はホモと同じであるが異なった (ヘテロ) 値を持つ2つのグループに分かれている場合とを同じ数の WLAN で比較し、シミュレーションおよび実機実験にて特性を明らかにした。

3.1 WLAN 間距離が異なる場合

ここでは、WLAN 間距離が異なる WLAN が存在する場合において、CE の強弱がどの程度性能に影響をもたらすのか、WLAN 間距離が異なる度合 (ヘテロ度合) と性能劣化の関係に着目し通信特性を明らかにした。

図1にホモとヘテロに関して、シミュレーションと実機を比較したスループット値を示し、図2にヘテロ度合とスループットの関係を示す。APと送信

端末それぞれ1台で1組のWLANを構成し、APと送信端末の距離は5cmに設置した。このWLANを16組用意し、ホモとヘテロの比較については、16組全てのWLAN間距離が80cmの場合(ホモ)と、8組は20cm、もう8組は140cmの場合(ヘテロ)のトータルスループットを比較した。さらに、ヘテロ割合については、WLAN間距離の値を平均80cmになるようにWLAN間距離を変化させた。

図1で、概ねシミュレーション評価と同じ値を得られたことから、シミュレーション評価値は妥当であると判断した。図2では、ヘテロ割合が大きくなっても性能が高々6.7%しか違わなかった。x軸の値が右に行けば行く程ヘテロ割合が大きい事を表している。70,90cmに8組ずつ存在する地点までは、ホモよりもWLAN間距離が長くなったヘテロのWLANのCEの効果が大きく性能が向上するが、それ以上ヘテロ割合が大きくなると、ホモよりもWLAN間距離が短くなったヘテロのWLANのCEが低減し全体の性能を下げる。

尚、80cmという距離は、距離に応じたCEの影響が大きく変化するポイントでの評価となる。よって、この距離は、CEの強弱が性能に与える影響が最も顕著に表れる箇所である。

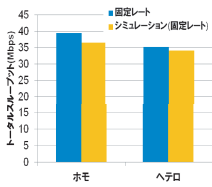


図1: ホモとヘテロの比較

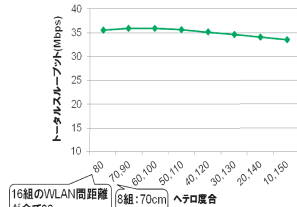


図2: ヘテロ割合と性能特性

3.2 AP-端末間距離が異なる場合

ここでは、WLAN間距離が異なるWLANが存在する場合において、CEの強弱がどの程度性能に影響をもたらすのか、AP-端末間距離が異なる割合(ヘテロ割合)と性能劣化の関係に着目し通信特性を明らかにした。

図3にホモとヘテロに関して、シミュレーションと実機を比較したスループット値を示し、図4にヘテロ割合とスループットの関係を示す。APと送信端末それぞれ1台で1組のWLANを構成し、WLAN間の距離は1mに設置した。ホモとヘテロの比較は、全てのAP-端末間距離が30cmの場合(ホモ)と、8組は55cm、もう8組は5cmの場合(ヘテロ)のトータルスループットを比較した。さらに、ヘテロ割合については、AP-端末間距離の値を平均30cmになるようにWLAN間距離を変化させた。

図3で、概ねシミュレーション評価と同じ値を得られたことから、シミュレーション評価値は妥当であると判断した。図4では、ヘテロ割合によっては性能が27.4%も向上することを明らかにした。x軸の値が右に行けば行く程ヘテロ割合が大きい事を表している。AP-端末間距離が8組は25cm、もう8組は35cmの地点まではAP-端末間距離が長くなったヘテロのWLANがCEの低減により性能を劣化させる影響が強く、それ以降ヘテロ割合が大きくなると、AP-端末間距離が短いWLANが、距離が長いヘテロのWLANのBO時間分、送信機会を多く獲得し、性能が向上する。

尚、AP-端末間距離が平均30cmというのは、WLAN間距離100cmに対してCEが効果を発揮出来るか否かのポイントである。平均30cm範囲内で変化させることは、CEが性能に与える影響が顕著に現れやすい箇所である。

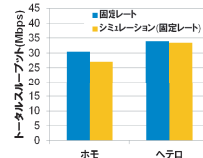


図3: ホモとヘテロの比較

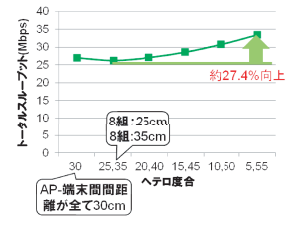


図4: ヘテロ割合と性能特性

3.3 WLAN当たりの送信端末数が異なる場合

ここでは、WLAN当たりの端末数が異なる場合において、CEの強弱がどの程度性能に影響を齎すのか、WLAN当たりの端末数が異なる割合(ヘテロ割合)と性能劣化の関係に着目し通信特性を明らかにした。

図5にホモとヘテロに関して、シミュレーションと実機を比較したスループット値を示し、図6にヘテロ割合とスループットの関係を示す。APと送信端末の距離は5cm、WLAN間の距離は1mに設置した。ホモとヘテロの比較は、WLAN当たりの端末数が4台で構成されるWLANが4組存在する場合(ホモ)と、WLAN当たりの端末数が1,7台で構成されるWLANが2組ずつ存在する場合(ヘテロ)のトータルスループットを比較した。更に、ヘテロ割合については合計端末数を変化させることなく、4組のWLANに端末を割当てるよう変化させた。

図5で、概ねシミュレーション評価と同じ値を得られたことから、シミュレーション評価値は妥当であると判断した。図6では、ホモにすることで性能が最大約33.2%も向上することを明らかにした。x軸の値が右に行けば行くほど、ヘテロ割合が大きい事を表している。WLAN当たりの端末数が2,6台のWLANが2組ずつ存在する場合までは、ホモよりも端末数の増えたヘテロのWLANがコリジョンエラーでスループットを低下させる影響の方が強く、それ以降ヘテロ割合が大きくなると端末数の減ったWLANがCEでスループットを稼ぐ影響の方が強くなる。

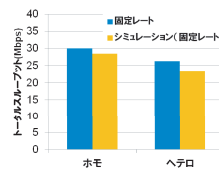


図5: ホモとヘテロの比較

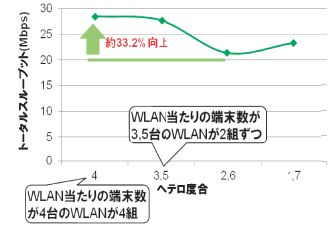


図6: ヘテロ割合と性能特性

4 おわりに

端末数など属性値が異なるWLANが密集する場合の、属性値に起因するCEの影響とスループット特性を明らかにした。今回は、WLAN間距離が異なる場合、AP-端末間距離が異なる場合、WLAN当たりの送信端末数が異なる場合の3つの属性値に着目した。

WLAN間距離が異なる場合における性能特性は、ヘテロ割合が大きくなっても性能が高々6.7%しか違わなかった。AP-端末間距離が異なる場合には、ヘテロ割合によっては性能が27.4%も向上することを明らかにした。WLAN当たりの送信端末数が異なる場合には、ホモにすることで性能が最大約33.2%も向上することを明らかにした。

属性値の中で、WLAN当たりの送信端末数は、全体性能に与える影響が特に大きいことが分かった。