

異なる属性値を持つ多数の移動無線 LAN の近接時の性能評価

磯村 美友[†]三好 一徳[‡]村瀬 勉[‡]小口 正人[†][†]お茶の水女子大学[‡]NEC

1. はじめに

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) が増加しており、カフェや会議場など狭い領域内に多数の WLAN が稼働する場面が増えている。その中には 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 も混在し構成される事が考えられる。本研究では、異なる属性値の WLAN が多数存在する場合の、属性値の大小に起因するキャプチャエフェクト (CE) の影響と性能特性を明らかにする。

2. 既存技術

近接する多くの WLAN の性能に関して、WLAN の属性値が同一の場合の研究は既に多くなされており、例えば [1] では CE を考慮したスループット評価がなされている。送信端末と AP が非常に近接し、なおかつ相対的に他の WLAN とは離れている場合、WLAN 数の増加とトータルスループットの関係は信号とノイズの大小 (SNIR) によって決定する事が明らかになっている。CE を用いたスループット改善の研究も既に行われつつあり、CE を最大限に活用し性能を向上させる方法 [2] などが提案されている。しかし、多くのモデルにおいて、属性がほぼ似通ったパラメータを持つ WLAN を対象としている。一方、異なる属性値の WLAN が混在する場合の評価は少数であり、WLAN 数が少数な条件で評価されている。これまでの筆者らの研究で、CE は、多数の WLAN が近接するときに性能への影響が大きく、なおかつ WLAN の属性値に大きく依存することがわかっている。特に、CE の強弱に大きな影響を与える主要な 3 つの属性値に着目した。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。これらの属性値におけるトータルスループットへの影響は大きいと予想され、定量的な評価が望まれる。

3. CE が性能に与える影響

3.1 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 [1]。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。

3.2 異なる属性値の WLAN における CE の強弱

全ての WLAN において属性値 (WLAN 間距離、AP-送信端末間距離、WLAN 当たりの端末数) が同一の場合には、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属性値によって変化する CE の強弱が混在する。性能が向上するか低下するかは、属性値の値によって決まる。

WLAN 間距離が異なるものが混在した場合には、WLAN 間距離の短い WLAN は 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には、AP-端末間距離の遠い WLAN は 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。

4. 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。

4.1 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

Performance Evaluation of Densely Deployed Mobile Wireless LAN with Different Property

[†] Mitomo Isomura, Masato Oguchi

[‡] Tutomu Murase, Kazunori Miyoshi

Ochanomizu University ([†])

NEC Corporation([‡])

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、おおむ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ほど、ヘテロ割合が大きい事を表している。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。

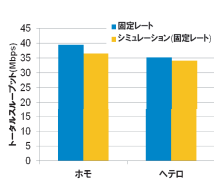


図1: ホモとヘテロの比較

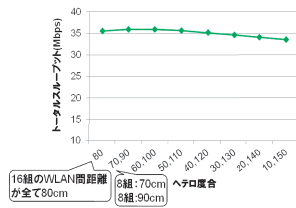


図2: ヘテロ割合と性能特性

4.2 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については、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、おおむ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ほど、ヘテロ割合が大きい事を表している。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が効果を発揮できるかどうかの瀬戸際のポイントである。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。

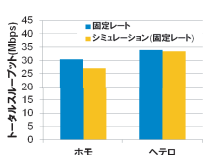


図3: ホモとヘテロの比較

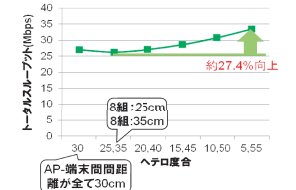


図4: ヘテロ割合と性能特性

4.3 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については、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。さらに、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に端末を割り当てるよう、変化させた。

図5で、おおむ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。

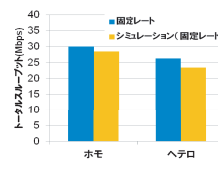


図5: ホモとヘテロの比較

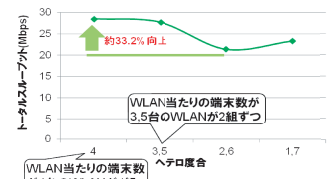


図6: ヘテロ割合と性能特性

5. 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。

参考文献

- [1] 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WLAN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.
- [2] M. Iwabuchi, A. Kishida, T. Shintaku, T. Sakata: ”A Study on Autonomous Matching Method for Distributed Cooperative Medium Access Control”, IE-ICE Technical Report, RCS2013-8 (2013)