6X-01

共有アンテナによる 異種無線多重 MIMO チャネル動的構成方式

奥本 裕介 †　　滝沢 泰久 †
† 関西大学環境都市工学部都市システム工学科

1　はじめに

近年，スマートフォンなどにおける多様なアプリケーションの利用拡大，および IoT の社会への浸透に伴い，無線システムはさらなる容量拡大が求められている．

MIMO 技術 [1] は複数のアンテナを並列利用し，無線システムの容量拡大を図る．現在の無線システム構成は無線システムごとにアンテナが固定されている．一方で，5G[2] においてはアンテナ数は格段に増えることが予想される．本稿では，5G における多様なアンテナリソースを有効利用し，異種無線システム全体で容量拡大を図るため，異種無線システム間においてアンテナを共有し，随時，分配することにより，動的に複数の MIMO チャネルを構成・集約して，アプリケーションのスループット向上を図る異種無線多重 MIMO チャネルの動的構成方式を提案する．

2　提案手法

2.1　多重 MIMO におけるアンテナの分配方式

MIMO を用いた単一無線システムの容量はアンテナ数に対して単調増加し，アンテナ数がある程度増加するとその容量拡大が鈍る．これを前提として，図 1 に異なる 2 つの無線システム A と B 間でアンテナを共有して MIMO チャネルを構成した場合の容量を示す．A のアンテナ数に対して A の容量は単調増加し，B の容量は単調減少する．従って，これらの容量の和は上に凸となり，容量の和を最大化するアンテナ分配数が存在する．提案方式は，この特性に基づき，複数の無線システム間でアンテナを最適に分配して，複数の MIMO チャネルによる容量の最大化を図る．

最適なアンテナ分配数の探索に最急降下法 [3] を適用する．提案手法では最急降下法を用いて，アンテナ分配においてスループットが上昇する方向を選択して最適解を探索する．図 1 で，A 無線メディアのアンテナ数を増やしてスループットが増加する場合，A 無線メディアのアンテナ分配数を増やしていき，B 無線メディアのアンテナ分配数を減らす．スループットが減少する場合，A 無線メディアのアンテナ分配数を減らし，B 無線メディアのアンテナ分配数を増やす．アンテナ分配数はアンテナ 1 本単位とする．これを繰り返し行うことで容量を最大化する最適なアンテナ分配数を見つける．図 1 のように，上に凸関数になると考えられるので，局所解に囚われることもない．

提案手法でのアンテナ分配方式をまとめると，スループットの高い MIMO チャネルからスループットの低い MIMO チャネルへアンテナを分配し，これを繰り返すことで最適なアンテナ分配を実現する．

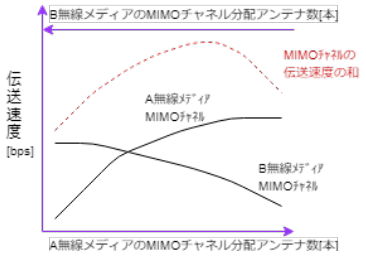

図 1　A/B 無線メディア MIMO チャネル間アンテナ分配における伝送速度の分配アンテナ数に関する依存性

2.2　異種無線メディア間での多重 MIMO チャネルの構成

従来では，図 2(左) のように無線メディア毎に固定のアンテナが割り当てられている．提案手法の共有アンテナは，無線システム単位でアンテナを固定割り当てせずに，図 2(右) のよう無線ノードが装備しているすべてのアンテナを異種無線メディア間で共有する．この共有アンテナを異種無線メディア間で動的に割り当てを変更して高スループットの通信を実現する．

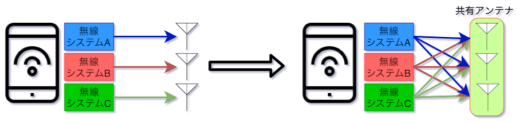

図 2　従来のアンテナ (左), 共有アンテナ (右)

3　実験

提案手法の有効性を示すために，はじめは単一無線メディアにアンテナを固定してスループットを測定したものと，異種無線メディア間での複数 MIMO チャネルにアンテナを静的に割り振りスループットを測定したものとを比較評価する．

つぎに，提案手法でのアンテナ分配を行なった場合でのスループットとの比較評価をシミュレーションにて行なう．

Dynamic Multiplex MIMO Channel Configuration for Heterogeneous Wireless Systems using Shared Antennas
†Yusuke Okumoto and Yusuhisa Takizawa, Kansai University

Copyright ©2019 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

3.1 実験準備

本研究では，シミュレータに QualNet7.3 を用いた．無線メディアには，IEEE802.11n と ac を用いる．ノード 1-4 では 11n を 2.4G 帯で，ノード 5-8 では 11ac を 5.0G 帯で用い，それぞれアンテナ本数を最大 4 本として MIMO チャネルを構成している．ノード 1-8 でトラフィックを発生させ，ノード 9 に送信している．ノード 9 は 2.4GHz と 5GHz において同時に利用可能なアンテナの最大数は 4 本，すなわち共有アンテナ数 4 本としてノード 1-8 に対してマルチユーザ MIMO の構成とする．ノード 9 において提案方式を実装し，受信したトラフィックからスループットを算出し，利用するアンテナを最大 4 本として割り当てる．すなわち，11n(2.4GHz) のアンテナ 4 本と 11ac(5GHz) のアンテナ 4 本において同時利用アンテナが最大 4 本，すなわち，共有アンテナ数 4 本として，スループットを最大化する 11n のアンテナ数と 11ac のアンテナ数の割合を探索する．

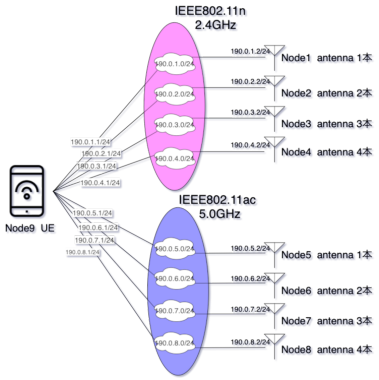

図 3　アンテナ設置構成図

3.2 評価指標

評価指標は式 (1) に示すネットワークのスループットを用いる．

$$\text{スループット} = \frac{\text{受信データ量}\ [bit]}{\text{通信時間}\ [s]} \tag{1}$$

3.3 実験結果

図 4 は，トラフィックを 100Mbps とした場合における，11n および 11ac のそれぞれにおける MIMO チャネルのアンテナ数によるスループットと 11n と 11ac 間で共有アンテナを分配して多重 MIMO(11n, 11ac の 2 つの MIMO チャネル) によるスループットをシミュレーションで比較した結果を示す．11n と 11ac による多重 MIMO チャネルのスループットが共有アンテナ分配数に対して上に凸となることが確認できる．

図 5 は，アプリケーション層でのアンテナを固定で通信した場合と提案手法のアンテナ切り替えアルゴリズムを実装した通信でのスループットを比較を示す．横軸にノード 9 がアンテナ数割り当てを送信した回数，左縦軸

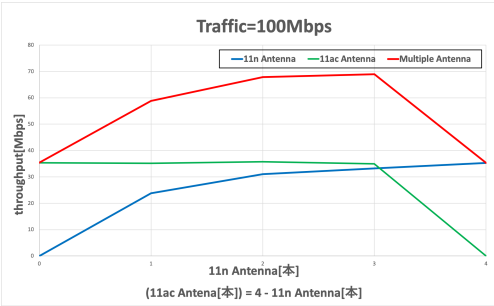

図 4　単一無線 MIMO チャネルと異種無線多重 MIMO チャネルのスループット比較

にスループットとし，右縦軸は提案手法のアンテナ切り替えアルゴリズムが共有アンテナを 11n に割り当てた本数を示している．図 4 からわかるように，トラフィック 100Mbps において 11n アンテナを 1 本，11ac アンテナを 3 本とするアンテナ分配が，スループットを最大化する．図 5 において，最適分配によるスループットと提案方式のによるスループットがほぼ同一であり，またアンテナ分配割合も多少振動はしているが，スループットを最大化するアンテナ割合の近傍を探索している．すなわち，提案方式はほぼ最適にアンテナを分配して多重 MIMO チャネルのスループットを最大化できる．

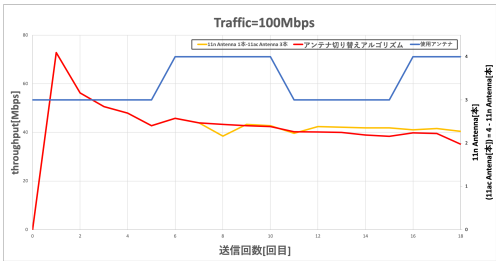

図 5　提案方式スループットと最適アンテナ割り当てスループットの比較

4 まとめ

本研究では，複数の周波数帯が異なる無線メディア MIMO チャネルを適切に共有アンテナを分配するこでスループットの向上を図ることを確認した．今後は，アンテナの初期位置や時間でトラッヒックを変化させた場合における提案方式の有用性の検証を行う予定である．

参考文献

[1] 今川隆司，池下貴大，筒井弘:MIMO-OFDM 無線通信における信号分離のためのパイプライン型逆行列演算回路のアーキテクチャ検討, EMB, Volume 2017-EMB-46, Issue 20, pp.1-4 (2017).

[2] 岡野真由子，長谷川洋平，金井謙治，Bo Wei，甲藤二郎：屋内駅を想定した移動時の 5G スループット特性および 4K 映像配信特性評価, AVM, Volume 2018-AMV-103 Issue 18 p.1-6 (2018).

[3] 尾関孝史：非線形関数における最急降下法の収束特性，福山大学工学部紀要, Issue 26 pp.113-123 (2002).

Copyright ©2019 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.