

7Y-02

# 異種無線多重 MIMO チャンネル動的構成方式におけるトラフィック制御\*

西川 里駆<sup>†</sup>  
関西大学

加藤 奨<sup>‡</sup>  
関西大学

奥本 裕介<sup>§</sup>  
関西大学大学院

滝沢 泰久<sup>¶</sup>  
関西大学大学院

## 1 はじめに

近年、スマートフォンを所有する人が増加し、多様なアプリケーションの日常的な利用が拡大している、また社会全体へのIoT(Internet of Things)技術の普及などにより、ネットワークトラフィックが急増している。そのため、無線システムは更なる容量拡大の必要性が迫られている。

その容量拡大技術として MIMO が活用されている。MIMO ではアンテナ数に応じて通信容量が拡大されるが、単一の MIMO では容量拡大の鈍化により通信容量に限界がある。5G 環境では現在の無線通信環境よりも多くの基地局が設置されることとなる。そこで5G 環境において増加する多数のアンテナリソースを複数の異種無線システム間で共有し、それぞれの無線システムに分配することで、多重 MIMO チャンネルの総容量を拡大する異種無線多重 MIMO チャンネル動的構成方式が提案されている [1]。また、異種無線多重 MIMO と同様に異種無線システムを想定し、それぞれの無線システムに最適にトラフィックを分配することで、平均遅延を最小化する複合無線トラフィック制御方式が提案されている [2]。

表 1: 2 先行方式の比較

方式	アンテナ分配	トラフィック制御
異種無線多重 MIMO	○	×
複合無線トラフィック制御	×	○

表1で示しているように、異種無線多重 MIMO ではトラフィック制御を行わず、共有アンテナを用いた動的なアンテナ分配を行う。複合無線トラフィック制御ではアンテナ分配を行わず、平均遅延を均等化するトラフィック制御を行う。本研究では異種無線多重 MIMO チャンネルにおいて、アンテナ分配とトラフィック制御を連動させることによりさらなる容量拡大の可能性があると考え、可能性を検証するために、MIMO チャンネル間のトラフィック制御と異種無線多重 MIMO 動的構成方式を遅延時間において比較し、2 方式連動の必要性を考察する。

## 2 異種無線多重 MIMO チャンネル動的構成方式

### 2.1 共有アンテナ

従来の MIMO では、図 1(左)のように無線システム毎に固定のアンテナが割り当てられていた。しかし異種無線多重 MIMO では、無線システム毎でアンテナの割り当てを固定にせずに、図 1(右)のように複数の無線システムで共有できる共有アンテナをもちいて、遅延が均等になるようにアンテナを分配し、全体でのスループット最大化を図る。

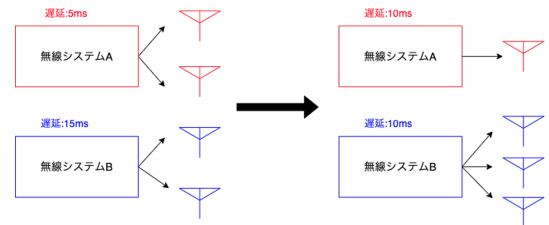


図 1: 従来のアンテナ (左), 共有アンテナ (右)

### 2.2 異種無線多重 MIMO チャンネルと平均遅延

図 2 に単一の無線システム A/B でそれぞれ MIMO チャンネルを構成した場合の平均遅延、無線システム A と B でアンテナを共有した異種無線多重 MIMO チャンネルの平均遅延を示す。先行研究 [1] によると、A のアンテナ数に対して A の平均遅延は下に凸で単調減少し、B のアンテナ数に対して B の平均遅延も下に凸で単調減少する。また、2つの無線システム A/B でアンテナを共有し分配した、異種無線多重 MIMO の平均遅延時間は、アンテナ分配に対して下に凸のグラフになり、最小値が存在する。この特性を利用し、異種無線多重 MIMO チャンネル動的構成方式では、平均遅延時間が最小になるようにアンテナを適切に分配する。

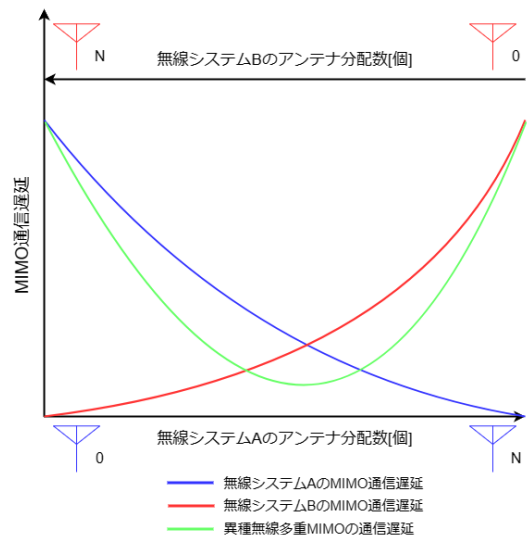


図 2: 無線システム A/B 及び異種無線多重 MIMO の平均遅延

### 2.3 動的な共有アンテナ分配方式

最適なアンテナ分配数の探索に山登り法を適用する。山登り法を用いて、無線システム A/B の平均遅延の差が減少する方向を選択して最適なアンテナ分配を探索する。平均遅延の差は図 2 のように下に凸のグラフになると考えられるので、局所解にとらわれることもない。

## 3 複合無線トラフィック制御方式

複合無線トラフィック制御方式では、複数の無線システムを単一の仮想広帯域無線メディアとして集約した、仮想

\*Traffic Control on Dynamic Configuration for Composite MIMO channels with Heterogeneous Wireless Systems

<sup>†</sup>Riku Nishikawa Kansai University

<sup>‡</sup>Tasuku kato Kansai University

<sup>§</sup>Yusuke Okumoto Kansai University Graduate School

<sup>¶</sup>yasuhisa Takizawa Kansai University Graduate School

チャンネルボンディングと仮想無線間のトラフィック制御により、仮想チャンネルの容量拡大を提案している。この方式は待ち行列理論に基づいて、複数の無線リンク間で遅延を均等化するためにトラフィックを制御し、リンク全体のスループットを最大化することを図る。この方式では次のようにトラフィックの制御を行う。

STEP1 2つの無線システムへ均等にトラフィックを分配する。

STEP2 2つの無線システムの平均遅延を比較し、平均遅延が小さい無線システムと大きい無線システムが変わらなければ、遅延均等化の解へ向かっていると判断し、前回と同じ一定値、(a)を平均遅延が大きいほうへトラフィック分配割合を移動させる。平均遅延の大小が入れ替わっていれば、遅延均等化の解を通り過ぎたと判断し、前回の半分の値(a/2)を平均遅延が大きいほうへトラフィック分配割合を移動させる。

STEP3 2つの無線システムの平均遅延時間の差が一定値(b)以下なら終了し、一定値(b)以上ならSTEP2へ戻る。

#### 4 シミュレーション評価

##### 4.1 シミュレーション概要

異種無線多重MIMOにおけるトラフィック制御の必要性を検証するため、次の2方式において平均遅延時間を比較する。

- 異種無線多重MIMOチャンネル動的構成方式  
各無線システムにトラフィックを均等に分配
- 複合無線トラフィック制御方式  
アンテナ構成がそれぞれ11n×3&11n×1, 11n×2&11n×2及び11n×1&11n×3とするMIMO

シミュレーターにQualNet9.3.0.1を用い、送信端末、受信端末間でCBRを用いてトラフィックを発生させる。送信端末、受信端末は、共有アンテナを4本持ち、IEEE802.11n(2.4GHz)とIEEE802.11ac(5.0GHz)が装備されている。距離による変化を確認するため、通信距離を10から46[m]まで1m単位で変更する。

##### 4.2 シミュレーション結果と考察

図3に各距離における先ほど示した4通信の平均平均遅延時間を示す。青色の線が異種無線多重MIMOチャンネル動的構成方式で、本評価シナリオでは全区間で11n:11ac=2:2が最適アンテナ分配であった。紫、緑、赤がMIMOにおいてアンテナ構成をそれぞれ11n:11ac=1:3, 11n:11ac=2:2, 11n:11ac=3:1とした場合の複合無線トラフィック制御方式である。全ての方式で特定の距離、特に33mから35mにおいて通信遅延が増加する。これはIEEE802.11n及びIEEE802.11acにおいて、この地点で変調方式が変化したためであると考えられる。アンテナを11n:11ac=1:3とするMIMOでの複合無線トラフィック制御の平均遅延は、異種無線多重チャンネル動的構成方式の平均遅延と比べて、10mから20mの間は下回っているが、それ以降は上回っている。11n:11ac=2:2の場合の平均遅延は、異種無線多重チャンネル動的構成方式の平均遅延と比べて、常に下回っている。11n:11ac=3:1の場合の平均遅延は、異種無線多重チャンネル動的構成方式の平均遅延と比べて、始めは上回っているが、34mから下回り、34m以降は最も平均遅延が

小さい通信となっている。

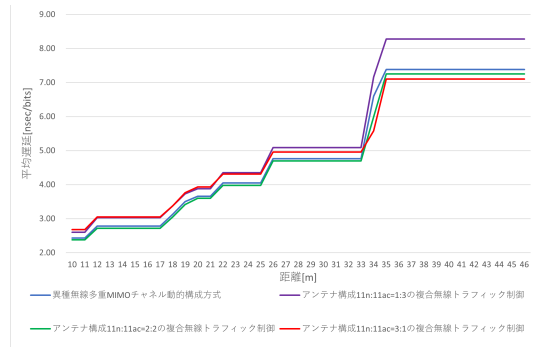


図3: 各距離における各方式の平均遅延時間

この結果から以下の2点のことが考察できる。

- アンテナ構成が11n:11ac=2:2、すなわち、異種無線多重MIMOチャンネル動的構成方式における最適アンテナ分配数においてトラフィック制御を行うと、平均遅延時間が小さくなることから異種無線多重MIMOチャンネル動的構成方式においてトラフィック制御を連動させることは有用である。
- 34m以降、異種無線多重MIMOチャンネル動的構成方式より、アンテナ構成が11n:11ac=3:1のトラフィック制御の平均遅延時間が小さくなる。すなわち、トラフィック制御がある場合、最適なアンテナ分配は2:2ではなく3:1となる。従って、トラフィック制御により異種無線多重MIMO動的構成方式の最適アンテナ分配数に変化するため、異種無線多重MIMOチャンネル動的構成方式においてトラフィック制御を連動させることは必須である。

#### 5 まとめ

異種無線多重MIMOチャンネル動的構成方式において、トラフィック制御が必要であるか検証した。シミュレーションの結果、以下の2点が分かった。

- 異種無線多重MIMOチャンネル動的構成方式において、トラフィック制御を行うことで、遅延均等化の解により近づくことが可能となり、遅延時間を短縮できる
- 異種無線多重MIMOチャンネル動的構成方式において、トラフィック制御を行うことで、平均遅延をさらに小さくできる最適なアンテナ分配数が見つかる可能性がある

今後は2方式の連動制御方式の検討を進める予定である。

#### 参考文献

- [1] “奥本裕介, 滝沢泰久:  
異種無線多重MIMOチャンネル動的構成方式における通信遅延を用いた共有アンテナ分配, 情報処理学会論文誌,”
- [2] 野田健太郎, 安達直也, 滝沢泰久: 移動通信環境における複合無線アクセスネットワーク制御方式, 情報処理学会研究報告書
- [3] 滝沢泰久, 植田哲郎, 小花貞夫: IEEE802.11とIEEE802.16を用いた複合アクセス経路のパケット分配制御方式, 情報処理学会論文誌