

## Massive MIMO の最適配置と提案

## Optimal placement and proposal of Massive MIMO

○入田裕<sup>1</sup>, 大谷昭仁<sup>2</sup>  
Yuu Irita<sup>1</sup>, Akihito Otani<sup>2</sup>

Abstract : High-speed communication is an indispensable requirement for achieving fifth generation mobile communication. This paper describes the optimum setting method of Massive MIMO, which is necessary technology for realizing the high speed communication, and aims to examine remedial measures against the problems that arise

## 1. はじめに

近年における通信トラフィック量は年々傾向にあり、今後も加速的に増加していくことが考えられる。また、パソコンやモバイル端末のような情報通信機器だけではなく、あらゆるものがインターネットと繋がる IoT (Internet of Things) 社会の実現が期待されている。しかし、IoT 社会の実現を目指す一方で、通信容量の増大や消費電力の増加といった課題が生じ、さらに高速化や低遅延化などの技術も必要となってきた。これらの課題に対して、現在使用されている通信規格では対応することが非常に困難になってきた。そこで、次世代の通信技術として 5G(5 Generation) が考案された。

5G には

- ・従来の 1000 倍以上のシステム容量の大容量化
  - ・ピークデータレートが 10Gbps 以上の高速通信
  - ・無線区画の遅延が 1ms 以下の低遅延化
  - ・従来の 100 倍の同時接続端末数の増加
  - ・通信量当たりのネットワークコストの低コスト化
- の 5 つの要件が求められている。[1][2]

5G で要求されている高速通信の為に、ミリ波帯や準ミリ波帯といった高周波数帯の利用が必要となっている。高周波帯がこれまで移動通信に使用されなかったのは、空間伝搬に伴う減衰が大きく、さらに直進性が高い為である。5G で高周波数帯を利用するには、これらの課題を解決できる技術が必要となる。その技術の 1 つとして、超多素子アンテナを用いた無線伝送方法である、Massive MIMO が注目されている。[3]

本研究は、5G の高速通信の実現を目指したアンテナ技術の 1 つである、Massive MIMO の技術について調査し、その設置方法について、それぞれ比較する。その上で、Massive MIMO に浮かんでくる課題に対する改善策を検討することを目的とする。

## 2. 原理

## 2. 1 MIMO の概要

MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) とは複数のアンテナでデータの送受信を行う無線通信技術である。従来の信号劣化の原因であったマルチパスを利用し、送信側と受信側の双方に複数のアンテナを設置し、送信データを同じ周波数で同時に送信することができ、送受信するチャンネルが増えることで、単位時間当たりの通信量を増やすことができる。

## 2. 2 送信信号の判別法

送信アンテナの本数を  $n$ 、受信アンテナの本数を  $m$  としたときの MIMO の伝搬モデルを図 1 に示す。

ここで、送信アンテナ 1~ $n$  までの送信信号を  $X_1 \sim X_n$ 、受信アンテナ 1~ $m$  までの受信信号を  $Y_1 \sim Y_m$  とする。 $Y_1 \sim Y_m$  はそれぞれ  $X_1 \sim X_n$  の合成波であるが、各アンテナ間の伝達関数を  $h$  とし、雑音成分を無視したら、

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \cdots & h_{1n} \\ h_{21} & h_{22} & \cdots & h_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{m1} & h_{m2} & \cdots & h_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

(1) 式のように表せる。(1) 式を展開すると、

$$\begin{aligned} Y_1 &= h_{11} X_1 + h_{12} X_2 + \cdots + h_{1n} X_n \\ Y_2 &= h_{21} X_1 + h_{22} X_2 + \cdots + h_{2n} X_n \\ &\vdots \\ Y_m &= h_{m1} X_1 + h_{m2} X_2 + \cdots + h_{mn} X_n \end{aligned} \quad (2)$$

(2) 式のようになる。この連立方程式を解くことにより  $X_1 \sim X_n$  が求まり、伝達関数  $h$  が既知であれば受

信号  $Y_1 \sim Y_m$  から送信信号  $X_1 \sim X_n$  を得ることが出来る。

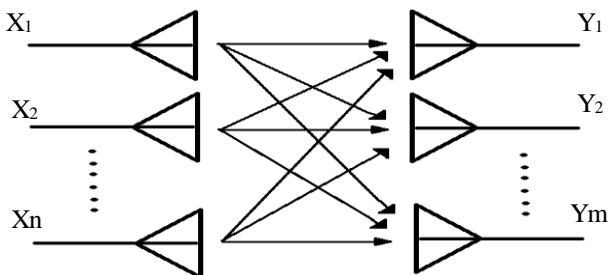


図 1 MIMO の伝搬モデル

## 2. 3 Massive MIMO の概要

Massive MIMO とは、水平方向と垂直方向に数十～数百本のアンテナ素子を配置したアンテナを用いた MIMO 伝送のことである。現在の通信規格である LTE では  $2 \times 2$ MIMO や  $4 \times 4$ MIMO が使用されており、LTE-Advanced では最大  $8 \times 8$ MIMO の構成になっている。比較しても分かるように Massive MIMO は従来の MIMO と比べて大規模なものとなっている。

Massive MIMO では水平方向、垂直方向にアンテナ素子を多数配置するため、アンテナのサイズが大きくなるという問題点がある。しかし、高周波帯ではアンテナ素子のサイズは小さくなり、さらに、アンテナ素子は通常  $1/2$  波長間隔で配置する。そのため、ミリ波帯や準ミリ波帯といった高周波数帯を利用する 5G では、配置するアンテナ素子の間隔を短くすることが可能なため小型化できる。なので、Massive MIMO は高周波数帯との相性が良く、高速通信に必要である高周波数帯の使用に必要な技術として強い期待がされている。

## 3. 各設置法

### 3. 1 集中型

Massive MIMO には 2 つのアプローチが考えられている。1 つ目は集中型 Massive MIMO である。これは、数十～数百のアンテナ素子を搭載したアンテナを基地局などに設置することである。利点として、人の密集地帯においても高速通信ができ、さらに低い展開コストでの実現が可能である。しかし、欠点としてシャドウイングによる伝搬損失が大きくなることあげられる。

### 4. 2 分散型

もう 1 つのアプローチとして提案されているのが、分散型 Massive MIMO である。これは数個～十数個のアンテナを様々な場所に設置する方法である。利点として、人や木、建物などの遮蔽物による電波の劣化に強くなる。これは、アンテナを多数配置することによって一番近くのアンテナを利用し、通信を

行えるためである。欠点は様々な場所に設置するため展開コストが高くなるのと、人の密集地帯では通信速度が遅くなってしまふ点である。

## 4. 各設置法の比較及び課題

3 節で概説した各設置法の特徴を表 1 に示す。

表 1 各設置法の特徴

設置法	特徴
集中型	密集地帯に強く、低コストでの展開が可能だが、遮蔽物に弱い
分散型	遮蔽物に強いが、密集地帯に弱く、高コストでの展開

表 1 で示したようにどちらの設置法にも利点、欠点があり、どちらか単体での使用では欠点の解決が出来ない。そこで、現在提案されているのは、人がよく集まる密集地帯では集中型を配置し、建物などの遮蔽物が多いところでは分散型を設置するという、2 つを組み合わせたハイブリッド型が提案されている。2 つを組み合わせることにより、それぞれの欠点を補うことができるため、どちらか片方での使用よりも適していると考えられる。よって、Massive MIMO ではハイブリッド型での設置が最も適していると考えられる。だが、この設置方法では解決できない課題も存在する。Massive MIMO では数十～数百本のアンテナ素子を用いるため、その分コストが増える。集中型では展開コストは低いが、使用する素子のコストは高いままである。そのため、Massive MIMO では超多素子アンテナにおけるコスト対策が課題の 1 つとしてあげられている。

## 5. まとめ

本稿では 5G の要件を満たす技術として期待されている Massive MIMO の概説をしたうえで、その各設置方法についての比較を行った。そして、Massive MIMO での最適設置法は集中型と分散型を組み合わせたハイブリッド型であると考えられた。その上で Massive MIMO の課題の 1 つとして、アンテナ素子のコスト対策があげられた。今後は Massive MIMO に関してより詳細に調査し、Massive MIMO を利用するうえで生じる課題に対しその改善策を提案することを目指していく。

## 文 献

- [1] 電波政策ビジョン懇談会 総務省  
[http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000321304.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000321304.pdf)
- [2] ドコモ 5G ホワイトペーパー NTT ドコモ  
[https://www.nttdocomo.co.jp/binary/pdf/corporate/technology/whitepaper\\_5g/DOCOMO\\_5G\\_White\\_PaperJP\\_20141006](https://www.nttdocomo.co.jp/binary/pdf/corporate/technology/whitepaper_5g/DOCOMO_5G_White_PaperJP_20141006)