

## 第5世代移動通信システムにおける中継用サーバの効果的な設置手順

Effective installation procedure of relay servers in 5th generation mobile communication systems

中央大学大学院 理工学研究科 電気電子情報通信工学専攻

Electrical Electronic and Communication Engineering Faculty of Science and Engineering, Chuo University

江原 亮太

Ryota EHARA

### 1. はじめに

近年、第5世代移動通信システム(5G: 5th Generation Mobile Communications System)の普及に向け、研究が進められている。5Gを利用した通信は、4Gと呼ばれる従来の通信システムに比べて通信速度が格段に向上する一方、電波の減衰の速さや通信路上の障害物への耐性の低さによる遠距離通信への適性の低さが一般社会への普及にあたってネックとなっている。また、向上する通信速度を利用し、自動車の自動運転技術をはじめとした機械等の遠隔操作に5Gを適用する際、従来の通信システムで主に用いられてきた情報処理の手順では実現しえない程度の遅延に収める必要性が生じている。

以上の問題に対し、現在基地局の増設やより遅延の少ない情報処理の手順の研究が進められている。遅延を抑えるために用いられる手法の一つとして、モバイルエッジコンピューティング(MEC)というものがある。これは、情報を送受信する端末と従来の通信システムで情報処理を行っていたクラウドサーバとの通信経路の間に簡易サーバを設置し、クラウドサーバが行っていた処理の一部を肩代わりさせることで、クラウドサーバの負担軽減と通信距離の短縮を両立し、高速通信を安定させやすくする手法である。

MECを適用した通信システムを構築する場合、高速通信を安定させる前提のもと簡易サーバが許容できる負担を考慮しなければならないため、必然的に簡易サーバを複数設置する必要がある。しかし、都市部などの人口過密地帯には新規設備を敷設できるだけのスペースが乏しく、基地局の増設が必須であることを考慮すると、十分な量の簡易サーバを設置するには何かしらの設備に併設するのが用地確保

の観点から確実である。そう考えた場合、簡易サーバと同じくデータ収集を行う基地局へ併設すれば無駄が少なくなるのではないかと推察される。

本研究では、簡易サーバを既存の基地局に対してのみ設置していくことを前提として、簡易サーバの設置量がより少なくなるような配置の仕方を考えていく。簡易サーバの設置手順はMATLABを用いてシミュレーションしていく。

### 2. 5Gの特徴

5Gの特徴として、現行のシステムより高速・低遅延・大容量な通信が行えることが挙げられる。これらの利点により、近年研究が進められている自動車の自動運転や遠隔治療などの実用化に大きく貢献している。一方、5Gにあてがわれる周波数帯域は3.7GHz帯を中心としたSub-6帯と28GHz帯を中心としたミリ波帯となっている[1]。したがって5Gで用いられる電波は高周波になるが、高周波の電波は直進性が高く障害物に弱い、通信距離が短くなるといった問題がある。また、5G導入により発展が見込まれるIoTのビッグデータ解析などで処理を行う情報量が膨大になり、現行の処理機構では対応が困難になると予測されている。

### 3. エッジコンピューティング

現在情報処理の手法として主流となっているのはクラウドコンピューティングと呼ばれる手法である。これは端末から送信した情報をインターネット上に集約したサーバ群(クラウドサーバ)に収集し、一括で処理を行って端末に返す手法である。これに対し、エッジコンピューティングという技術が存在する。エッジコンピューティングでは、インターネットと

端末の間にあるローカルネットワークの端のエリア(エッジ部)にサーバを分散させるネットワーク技術の総称である[2]。とくにモバイル端末に特化したエッジコンピューティング技術をモバイルエッジコンピューティング(MEC)と呼ぶ。

エッジコンピューティングは、IoT で扱うビッグデータの一次解析やアプリケーションの一部動作の実行による端末の省エネ[3][4]、個人のリアルタイムの行動からの行動パターン分析[5]などに応用されている。先述した 5G の問題点をカバーできる点で、エッジコンピューティング技術は 5G の普及に有効な技術とされている。

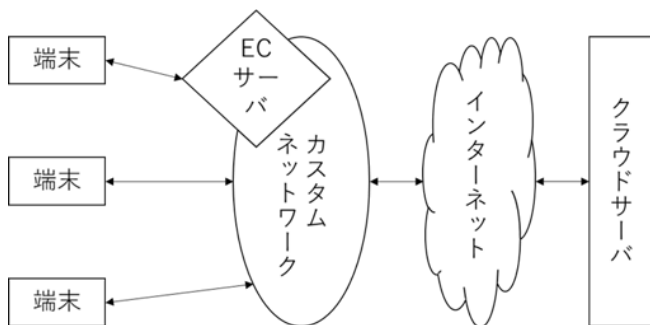


図1. クラウドとエッジコンピューティングの環境

#### 4. シミュレーション概要

本研究では、基地局に設置した全ての MEC サーバが高速通信で相互接続できる状態を、可能な限り少ないサーバ数で実現することを目的とした配置シミュレーションを行う。シミュレーションを行うにあたり、MEC サーバの過負荷による処理遅延を避けられるよう、表1に示す共通条件と以下のような MEC サーバ設置場所の決定法を用意した。

##### (1)接続できる基地局数で決定する方法

高速通信を行える範囲を都度確認し、その範囲内の MEC サーバ未接続の基地局のうち、MEC サーバと接続されていない基地局の数が最多となる基地局に対して新規 MEC サーバを設置する。

##### (2)ランダムに決定する方法

高速通信を行える範囲を都度確認し、その範囲内の MEC サーバ未接続の基地局からランダムに新規 MEC サーバを設置する。

SA のサイズ	1000 × 1000
SA の数	5 パターン
超高速通信可能範囲	半径250m[6]
MEC サーバの基地局同時接続数上限	5 基 (設置元含む)
1 基目の MEC サーバ設置先	最も多くの基地局と接続可能な基地局
設置した MEC サーバと基地局の接続順	設置した MEC サーバに近い順
結果の導出方法	10 回平均
MEC サーバ最低必要数	20 基

これらの方法を適用する条件を変え、それによって MEC サーバの必要数をどれだけ抑えられるかのシミュレーションを行う。ただし、シミュレーションの途中で図2のように(1),(2)のいずれも適用できないにもかかわらず MEC サーバ未接続の基地局が残ってしまう場合が生じる。このとき、以下に示す特殊処理を MEC サーバ未接続の基地局が無くなるまで実行する。

##### (α)特殊処理

MEC サーバ未接続の基地局を1基指定し、そこから最も近い位置の MEC サーバ接続済みの基地局に MEC サーバを設置する。

基地局の配置によって結果が変化することを踏まえ、シミュレーションエリア(SA)を複数用意し、そ

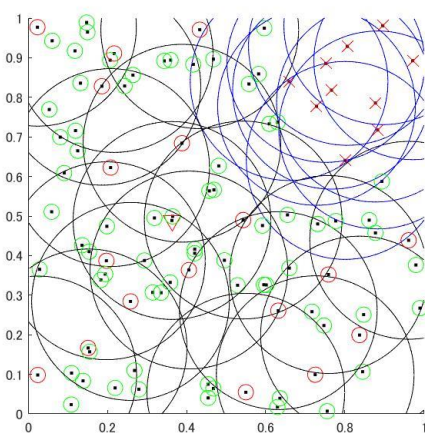


図2. 途中で処理が終了した例

(×は MEC サーバに接続していない基地局)

表 2. シミュレーション結果

方式	しきい値 $b$	MEC サーバ総数 (基)	方法(2)適用回数 (回)	方法( $\alpha$ )適用回数 (回)	方法( $\alpha$ )適用回数 (外れ値無視)(回)
完全規則方式		21.2	0	0.6	0.6
完全ランダム方式		21.9	19.8	2.1	2.1
乱数分岐方式		21.4	10.0	0.9	0.9
確率分岐方式	30	21.7	9.9	1.3	1.3
	50	21.6	9.6	1.2	1.2
	70	21.8	9.4	1.7	1.7
進捗分岐方式 A	30	21.9	13.2	1.6	0.9
	50	21.5	9.6	0.9	0.9
	70	21.7	5.3	1.3	0.7
進捗分岐方式 B	30	21.8	13.0	1.8	1.2
	50	21.4	9.6	0.9	0.9
	70	21.5	5.4	1.1	1.1

それぞれのシミュレーション結果は 10 回平均を参考に比較を行う。

## 5. シミュレーション結果

4 章で示した条件を基に、以下に述べる方式の  
としてシミュレーションを行った。

### (a) 完全規則方式

(1)の方法のみで配置を決定する。

### (b) 完全ランダム方式

(2)の方法のみで配置を決定する。

### (c) 乱数分岐方式

都度生成した 0 以上 100 以下の乱数 $r$ と MEC  
サーバに接続済みの基地局数 $c$ を比較し、 $r > c$   
なら(1)、 $r \leq c$ なら(2)の方法で配置を決定する。

### (d) 確率分岐方式

$r$ としきい値 $b$ を比較し、 $r > b$ なら(1)、 $r \leq b$ な  
ら(2)の方法で配置を決定する。

### (e) 進捗分岐方式 A

$b$ と $c$ を比較し、 $b > c$ なら(1)、 $b \leq c$ なら(2)の方  
法で配置を決定する。

### (f) 進捗分岐方式 B

$b$ と $c$ を比較し、 $b > c$ なら(2)、 $b \leq c$ なら(1)の方  
法で配置を決定する。

シミュレーション結果を表 2 に示す。なお、一部  
の方式において( $\alpha$ )の処理が多発した例が数件発生  
したため、これを外れ値としてはじいた場合の結果  
も併記している。

表 1 に示した通り、理論上今回のシミュレーショ  
ンにおいて最終的に必要となる MEC サーバの数の  
下限は 20 基である。したがって、MEC サーバの必  
要数を抑えるのに最適な手法は(c)乱数分岐方式  
であることがわかった。一方、( $\alpha$ )の処理を最も実行せ  
ずにシミュレーションを完遂できるのは(e)進捗分  
岐方式 A(しきい値 70)であることがわかった。

## 6. おわりに

本実験では、MEC サーバの必要数と( $\alpha$ )の処理が  
ともに少なくなるような手法を考えた。その結果、  
今回提案した手法がいずれか片方を満たす手法であ  
ることがわかった。しかし結果としてこの 2 つの条  
件を両立できる手法の発見には至らなかった。

今後の展望として、しきい値をより詳細に調整し

た場合や、しきい値を複数設けた場合など、本実験で提案できなかった新たな手法でより良い結果が出るかの調査や、5G が不得手とする障害物による影響を加味した場合について考察の余地があると考ええる。

## 参考文献

- [1] 日経クロステック「どう使い分ける？5G の周波数帯を完全図解」  
<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/01329/060500003/>  
最終閲覧日：2023年2月15日
- [2] 飯田 勝吉「エッジコンピューティング研究開発の現状と今後の課題」電子情報通信学会技術研究報告 IA2017-16
- [3] 荻野正・北上眞二・白鳥則郎「フレキシブル IoT エッジコンピューティングモデルと応用」情報処理学会研究報告, Vol.2018-CN-103, No.1
- [4] 斉藤謙志・三上明子・有賀健一・安武宏・木村重夫・羽根秀宜「エッジコンピューティングのソリューション事例」デジタルビジネスを支える IoT 特集-NEC 技術, Vol.70, No.1, pp.27~33, 2017
- [5] モバイルテクノ「技術動向：5G 要件を実現するエッジコンピューティング技術」  
<https://www.fujitsu.com/jp/group/mtc/technology/trend/g5-edge/index.html>  
最終閲覧日：2023年2月15日
- [6] 岸山祥久・原田篤・余波・ベンジャブールアナス・奥村幸彦「ミリ波を用いた超高速・長距離伝送の5G屋外実験」NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル Vol.26, No.1, pp.25~32, 2018