

WMNにおけるコスト削減のための メッシュルータ配置最適化とメッシュルータ数最適化

平田 蒼人・小田 哲也^{*}・齋藤 伸樹・片山 謙吾^{*}

岡山理科大学大学院工学研究科情報工学専攻

^{*}岡山理科大学工学部情報工学科

(2022年10月31日受付、2022年12月5日受理)

1. はじめに

Wireless Mesh Networks (WMNs) [1, 2, 3, 4]は、メッシュルータとメッシュクライアントの2つのノードで構成されており、複数のメッシュルータが無線通信によって相互接続することで一つの大きな無線ネットワークを構築する。WMNsは広範囲に安定した無線ネットワークを提供できる技術として、工場におけるIoT機器のためのネットワークや、災害時の一時的なネットワークとして用いられている。メッシュルータの配置箇所は通信可能範囲の大きさや通信の伝送損失等に大きく影響するため重要な問題である。そのメッシュルータの配置を最適化する問題を、メッシュルータ配置問題としてOdaが定義している[5]。この問題はNP困難であることが知られており、様々な配置最適化手法が提案されている。我々の先行研究[6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]では遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm: GA) [13]、山登り法 (Hill Climbing: HC) [14]、焼きなまし法 (Simulated Annealing: SA) [15]、タブーサーチ (Tabu Search) [16]、粒子群最適化 (Particle Swarm Optimization: PSO) [17]などのメタヒューリスティックを用いた最適化手法を提案、評価してきた。また著者は全てのメッシュルータの通信範囲が相互接続されたメッシュルータの配置をランダムに生成する手法としてCoverage Construction Method (CCM)[18]を提案した。またCCMを初期解として利用し、局所探索法にて解を最適化する手法としてCCM-based Hill Climbing (CCM-based HC) [19]、CCM-based Simulated Annealing (CCM-based SA) [20]を提案し、複数のシミュレーション設定にて比較、検討した[21, 22, 23]。また従来のメッシュルータ配置最適化手法では、シミュレーションにおいて正規分布や一様分布、指数分布などの確率分布を用いてランダムに生成されたメッシュクライアントの配置を対象としてきた。著者はより現実的なメッシュクライアントの配置を考慮するために、地理情報に基づいてシミュレーション環境の構築

を行い、遠く離れたメッシュクライアントの被覆を目的とした手法としてDelaunay Edge and CCM-based SA (DECCM-based SA)、Voronoi Edge and CCM-based SA (VECCM-based SA)を提案した[24, 25]。

本稿では、DECCM-based SAにおいてメッシュルータの削減によるメッシュルータ数最適化を行う手法としてNMR-Reduction methodを提案する。シミュレーションでは評価指標としてSGC (Size of Giant Component) [26]、NCMC (Number of Covered Mesh Clients)、そしてNMR (Number of Mesh Routers)を考慮した。

2. メッシュルータ配置問題

ここでは、メッシュルータ配置問題の定義について述べる。この問題では2次元連続空間にメッシュクライアントとメッシュルータが配置される。メッシュルータ配置問題は、ネットワークの接続性とメッシュルータによるメッシュクライアント被覆数の最大化を目的とした問題であり、これら2つの目的関数に基づいて、2次元連続空間におけるメッシュルータの配置を最適化するものである。この問題ではメッシュルータの連結グラフをComponentとし、最大のComponentをGiant Component (GC)とする。GCは相互接続状態にあるメッシュルータの最大数を示すため、存在するComponent全てが接続された状態であれば通信範囲が最大となる。そのためSize of GC (SGC)とメッシュクライアントの被覆数であるNumber of Covered Mesh Clients (NCMC)を目的関数とする。また本稿ではメッシュルータ数を最適化することでWMN構築のコスト削減を図る。そのためメッシュルータ数を示すNMR (Number of Mesh Routers)を目的関数とする。

3. 提案手法

提案手法について述べる。ここではまずメッシュルータ配置最適化手法について述べ、その後メッシュルータ数最適化手法について述べる。

Alg. 1 メッシュルータランダム生成法

Algorithm 1 The method for randomly generating mesh routers.**Output:** Placement list of mesh routers.

```

1: Set Number of mesh routers.
2: Generate mesh router [0] randomly in considered area.
3:  $i \leftarrow 1$ .
4: while  $i < \text{Number of mesh routers}$  do
5:   Generate mesh router [ $i$ ] randomly in considered area.
6:   if SGC is maximized then
7:      $i \leftarrow i + 1$ .
8:   else
9:     Delete mesh router [ $i$ ].
10:  end if
11: end while

```

Alg. 2 Coverage Construction Method

Algorithm 2 Coverage construction method.**Input:** Placement list of mesh clients.**Output:** Placement list of best mesh routers.

```

1: Set Number of loop for CCM.
2:  $i$ , Current NCMC, Best NCMC  $\leftarrow 0$ .
3: Current mesh routers  $\leftarrow$  Alg. 1.
4: Best mesh routers  $\leftarrow$  Current mesh routers.
5: while  $i < \text{Number of loop for CCM}$  do
6:   Current NCMC  $\leftarrow$  NCMC of Current mesh routers.
7:   if Current NCMC  $>$  Best NCMC then
8:     Best NCMC  $\leftarrow$  Current NCMC.
9:     Best mesh routers  $\leftarrow$  Current mesh routers.
10:  end if
11:   $i \leftarrow i + 1$ .
12:  Current mesh routers  $\leftarrow$  Alg. 1.
13:  Current NCMC  $\leftarrow 0$ .
14: end while

```

3.1 Coverage Construction Method

Coverage Construction Method (CCM)について述べる。メッシュルータランダム生成法の擬似コードをAlg. 1, CCMの擬似コードをAlg. 2に示す。メッシュルータランダム生成法では、次の(1)～(5)の動作によりランダムな配置かつ必ずSGCが最大値、つまりメッシュルータの無線通信範囲が全て接続されたメッシュルータの配置を導出する。(1)メッシュルータを一つランダムな座標に生成。(2)もう一度ランダムな座標に生成。(3)全てのメッシュルータ座標、通信範囲を用いて衝突判定を行い、SGCを導出する。(4)SGCがこれまで生成したメッシュルータ数と同じ場合、(2)に戻る。そうでなければ生成したメッシュルータを消去し(2)に戻る。(5)(2)～(4)を設定したメッシュルータ数になるまで繰り返す。CCMはこのSGCが最大化されたメッシュルータ配置のランダムな生成を指定した回数繰り返す。またそのループ中においてNCMCの判定を行い、最もNCMCが高いメッシュルータの配置を解とする。

Alg. 3 CCM-based SA

Algorithm 3 CCM-based SA.**Input:** Placement list of mesh clients.**Output:** Placement list of best mesh routers.

```

1: Set Number of loop for SA, Initial Temp, Final Temp.
2: Current number of loop  $\leftarrow 0$ .
3: Current mesh routers  $\leftarrow$  Alg. 2 (Placement list of mesh clients).
4: Best mesh routers  $\leftarrow$  Alg. 2 (Placement list of mesh clients).
5: Current NCMC, Best NCMC  $\leftarrow$  NCMC of Current mesh routers.
6: while Current number of loop  $<$  Number of loop for SA do
7:   Randomly choose an index of Current mesh routers.
8:   Randomly change coordinate of Current mesh router [choosed index].
9:   Current NCMC  $\leftarrow$  NCMC of Current mesh router.
10:  if SGC is maximized then
11:     $r \leftarrow$  Randomly generate in (0.0, 100.0).
12:     $Eval \leftarrow 10 \times (\text{Best NCMC} - \text{Current NCMC})$ 
13:     $T \leftarrow \text{Initial Temp} + (\text{Final Temp} - \text{Initial Temp}) \times \frac{\text{Current number of loops}}{\text{Number of loops for SA}}$ 
14:    if  $e^{-\frac{Eval}{T}} \geq 1.0$  then
15:      Best NCMC  $\leftarrow$  Current NCMC.
16:      Best mesh routers  $\leftarrow$  Current mesh routers.
17:    else if  $e^{-\frac{Eval}{T}} > r$  then
18:      Best NCMC  $\leftarrow$  Current NCMC.
19:      Best mesh routers  $\leftarrow$  Current mesh routers.
20:    else
21:      Restore coordinate of Current mesh routers [choosed index].
22:    end if
23:  else
24:    Restore coordinate of Current mesh routers [choosed index].
25:  end if
26:  Current number of loops  $\leftarrow$  Current number of loops + 1.
27: end while

```

3.2 CCM-based SA

CCM-based SAについて述べる。SA (Simulated Annealing)は、金属加工における焼きなましをモデル化した手法である。SAではより良い解の導出のために乱択決定による近傍探索を行うことによって局所解からの脱出を可能にする。CCM-based SAでは近傍探索を1つのメッシュルータの座標を変更することとしており、近傍探索後に状態遷移率(STP: State Transition Probability)に応じて現在の解を更新する。またSTPは解の評価(Eval: Evaluation of placement)と温度(T: Temperature)で構成される。CCM-based SAにおける状態遷移率を式(1)～(3)に示す。

$$Eval \leftarrow 10 \times (\text{最大NCMC} - \text{現在の解のNCMC}) \quad (1)$$

$$T \leftarrow \text{初期温度} +$$

$$(\text{最終的な温度} - \text{初期温度}) \times \frac{\text{現在のループ数}}{\text{設定したループ数}} \quad (2)$$

$$STP \leftarrow e^{-\frac{Eval}{T}} \quad (3)$$

CCM-based SAではSGCが最大化されている場合に、STP [%]の確率で近傍探索後のメッシュルータ配置を現在の解とする状態遷移が行われる。またNCMCが増加、もしくは変化していない場合にも状態を遷移する。しかし近傍探索によってSGCが最大化されていない解を導出した場合、状態遷移を行わず近傍探索前の解に戻す。このときSGCは配置されたメッシュルータが持つ無線通信範囲の接続状況を表した隣接リストを作成し、深さ優先探索を適用することによって求める。

3.3 DECCM-based SA

提案するメッシュルータ配置最適化手法であるDECCM-based SAについて述べる。多くの先行研究では性能評価実験の際、対象となるメッシュクライアントを正規分布もしくは一様分布などの乱数分布に基づいてランダムに生成したものとなっていた。しかし実際のメッシュルータ配置ではメッシュクライアントの配置が偏っている、もしくは離れて存在していることを考慮する必要がある。提案手法では、偏って存在するメッシュクライアントを被覆するためにドロネー三角形分割によって得られるドロネー辺を用いる。ドロネー三角形分割は問題領域内の点群を頂点とする各最小内角が最大となる三角形を形成する。ドロネー三角形分割によって得られる三角形は、問題領域内の点がどの点に近いかに基づいて問題領域を分割したボロノイ図における各ボロノイ領域の隣接関係を示す線となる。図3にドロネー辺とボロノイ領域の例を示す。提案手法では導出したドロネー辺の座標をリスト化する。そしてCCMにおけるメッシュルータランダム生成法において、メッシュルータ配置が可能な領域をこのドロネー辺上に限定する。これによってCCM実行時にドロネー辺は遠くに存在するメッシュクライアントを発見するための補助線の役割となる。DECCM-based SAはこうして得られた配置をCCMの解とし、SAを適用することによって解を最適化する。

3.3 NMR-Reduction method

提案するメッシュルータ数最適化手法について述べる。DECCM-based SAではその性質から離れたメッシュクライアントを被覆するために多数のメッシュルータを必要とする。しかしメッシュルータ数の増加はWMN構築のコスト増加を引き起こす。そのため提案手法ではDECCM-based SAによってメッシュルータの配置を最適化した後、不要なメッシュルータを消去することによってメッシュルータの数を最適化する。

提案するNMR-Reduction Methodの疑似コードをAlg. 4に示す。本手法は、SGCに影響を与えないメッシュルータを削除することにより、NMRを最適化する。

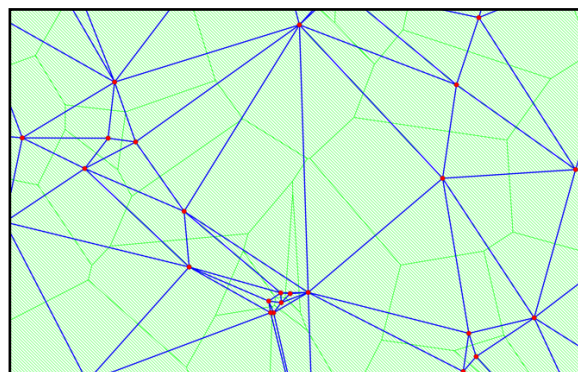


図1 点群に対するボロノイ領域(緑)とドロネー辺(青)

Alg. 4 NMR-Reduction method

Algorithm 4 NMR-Reduction method.

Input: Placement list of mesh clients, Placement list of best mesh routers, Best NCMC.

Output: Placement list of reduced mesh routers.

```

1: Set Number of loop for NMR-Reduction Method.
2: Current NCMC, Current number of loop ← 0.
3: Current mesh routers ← Placement list of best mesh routers.
4: while Current number of loop < Number of loop for NMR-Reduction Method do
5:   Shuffle the list of current mesh routers.
6:   n ← 0.
7:   while n < NMR of current mesh routers do
8:     Remove the mesh router with array number n from the current mesh routers.
9:     if SGC is maximized then
10:      if Current NCMC = Best NCMC then
11:        Best mesh routers ← Current mesh routers.
12:      else
13:        Restore the removed mesh router.
14:      end if
15:    else
16:      Restore the removed mesh router.
17:    end if
18:    n ← n + 1.
19:  end while
20:  Current number of loop ← Current number of loop + 1.
21: end while

```

表1 シミュレーションパラメータ

問題領域の横軸の長さ	260
問題領域の縦軸の長さ	180
問題領域の北緯 [度]	34.671
問題領域の東経 [度]	133.936
地図画像の縮尺	1:2760
メッシュルータの配置数 [個]	256
メッシュルータの通信範囲の半径	4
メッシュクライアントの配置数 [個]	3089
ループ数(CCM) [回]	3000
ループ数(SA) [回]	100000
初期温度 [°C]	100
最終的な温度 [°C]	1

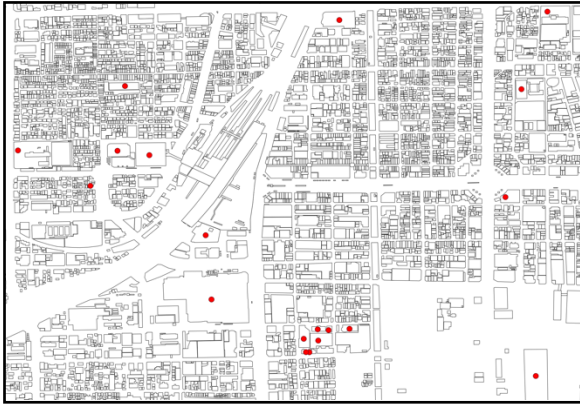


図2 地図画像

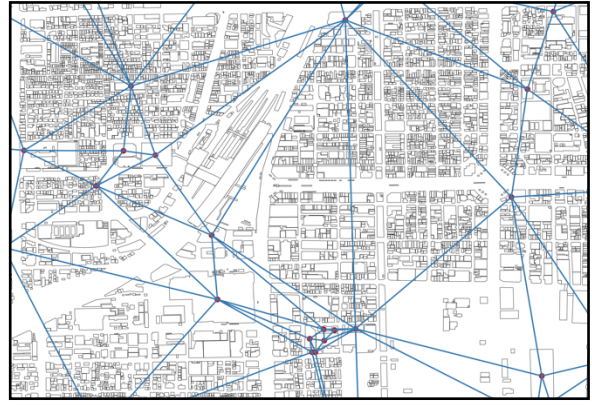


図4 ドロネー三角分割後の地図画像

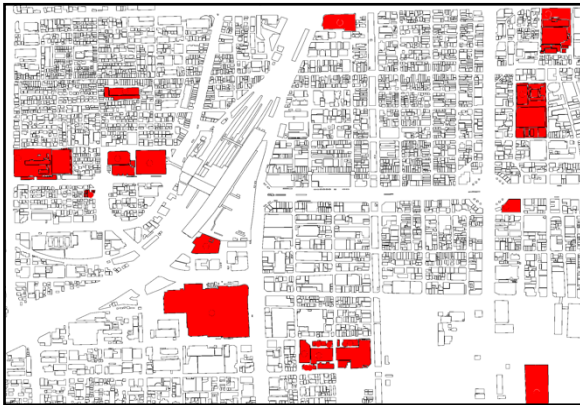


図3 避難施設

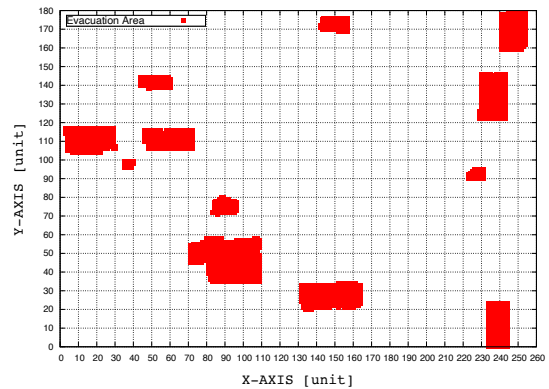


図5 抽出, 変換された避難施設

4. シミュレーション

4.1 シミュレーション設定

シミュレーションにおけるパラメータを表1に示す。本シミュレーションでは、メッシュクライアントを地理情報を基に配置するため岡山県岡山市北区JR岡山駅周辺を問題領域として設定し、付近に存在する避難施設をメッシュクライアントとした。シミュレーション環境はオープンソースのGISアプリケーションであるQGISを用いて作成した地図画像から画像処理による色ピクセル情報抽出によって構築する。また建物のシェープファイルとしてOpen Street Mapを、避難施設の地理データは岡山県が公開しているオープンデータ[25]を用いた。シミュレーションで使用した地図画像を図2に示す。図3では図2において赤色の点として存在している避難施設が含まれる建物を全て赤色に染めたものとなっている。提案システムはこの赤色で染められた建物を被覆するメッシュルータの配置を最適化する。また図2内の赤色の点で示された避難施設を対象に

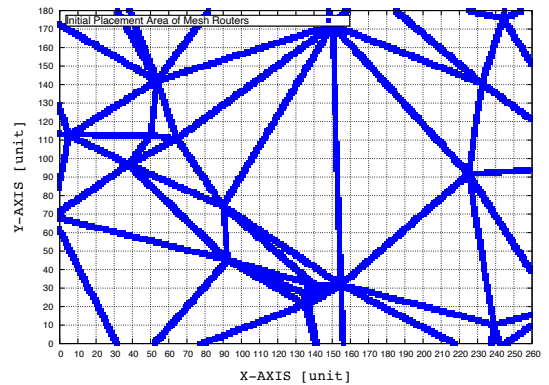


図6 抽出, 変換されたドロネー辺

ドロネー三角分割を行う。ドロネー三角分割後の地図画像を図4に示す。提案システムは作成した地図画像からメッシュクライアントの位置、ドロネー辺の座標などの色ピクセルを抽出し、システム内で使用できる形式に変換する。図5, 図6にそれぞれの情報を抽出, 変換し可視化したものを示す。こうして抽出, 変換された情報はそれぞれ提案システム内で、避難施設はメ

表2 シミュレーション結果: 配置最適化

DECCM			
最大SGC	平均SGC	最大NCMC	平均NCMC[%]
256	256	2096	64.657
DECCM-based SA			
最大SGC	平均SGC	最大NCMC	平均NCMC[%]
256	256	3089	94.355

表3 シミュレーション結果: 配置数最適化

最小NMR	平均NMR
171	184.710

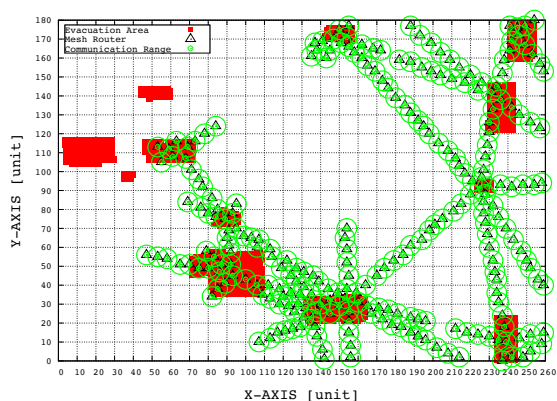


図7 DECCM適用後

メッシュクライアントとして、ドローネー辺はCCMにおけるメッシュルータ配置可能範囲として用いられる。

4.2 シミュレーション結果

ここでは提案手法の評価を行う。本シミュレーションでは提案手法を100回実行した。シミュレーション結果を表2, 表3に示す。

メッシュルータ配置最適化のシミュレーションでは、DECCM, DECCM-based SAのどちらも常にSGCが最大となる解を導出した。またドローネー辺を用いることで、CCMにおいて平均して6割以上のメッシュクライアント

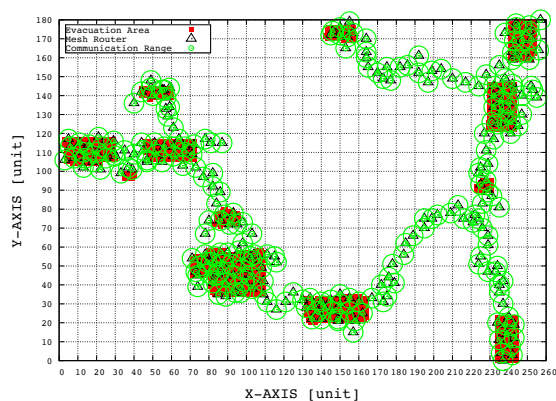


図8 DECCM-based SA適用後

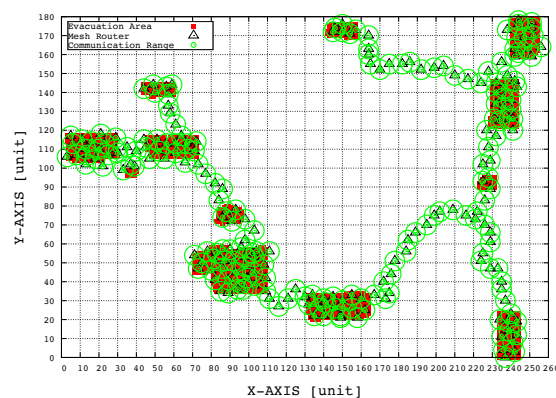


図9 NMR-Reduction method適用後

を被覆するメッシュルータの配置を導出することができた。DECCM-based SAでは、全てのメッシュクライアントを被覆するメッシュルータの配置を導出することができ、平均して9割以上のメッシュクライアントを被覆する配置を導出することができた。またメッシュルータ数最適化のシミュレーションでは平均して72[%]のメッシュルータを削減することができた。

提案手法の可視化結果を図7, 図8, 図9に示す。図7ではCCMによってメッシュクライアントが図6のドローネー辺上に配置されていることが分かる。ドローネー辺を使用することによって、離れた位置にあるメッシュクライアントを見つけることが出来たことが分かる。図8ではDECCM-based SAによって全てのメッシュクライアントを被覆するメッシュルータの配置を導出していることが分かる。また図8ではNMR-Reduction methodによってメッシュルータ数が削減できたことがわかる。

5. 結論

本稿ではメッシュルータ配置最適化のための

DECCM-based SAとメッシュルータ配置数最適化のためのNMR-Reduction methodを提案した。シミュレーション結果から、提案手法はほとんどのメッシュクライアントを被覆するメッシュルータの配置を導出し、メッシュルータ数を削減することが出来たことが分かる。今後の研究では他の配置最適化手法との比較実験や、提案手法の改良を行っていく。

参考文献

- [1] I. F. Akyildiz, et. al., "Wireless Mesh Networks: a Survey", *Computer Networks*, Vol. 47, No. 4, pp. 445-487, 2005.
- [2] T. Oda, et. al., "Implementation and Experimental Results of a WMN Testbed in Indoor Environment Considering LoS Scenario", *Proc. of The IEEE 29-th International Conference on Advanced Information Networking and Applications (IEEE AINA-2015)*, pp.37-42, 2015.
- [3] J. Jun, et. al., "The Nominal Capacity of Wireless Mesh Networks", *IEEE Wireless Communications*, Vol. 10, No. 5, pp. 8-15, 2003.
- [4] O. Oyman, et. al., "Multihop Relaying for Broadband Wireless Mesh Networks: From Theory to Practice", *IEEE Communications Magazine*, Vol. 45, No. 11, pp. 116 – 122, 2007.
- [5] T. Oda, et. al. "WMN-GA: a Simulation System for WMNs and Its Evaluation Considering Selection Operators", *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, Vol. 4, No. 3, pp. 323-330, 2013.
- [6] T. Oda, et. al., "Evaluation of WMN-GA for different mutation operators", *International Journal of Space-Based and Situated Computing*, Vol. 2, No. 3, 2012.
- [7] M. Ikeda, et. al., "Analysis of WMN-GA Simulation Results: WMN Performance Considering Stationary and Mobile Scenarios", *Proc. of The 28-th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (IEEE AINA-2014)*, pp. 337-342, 2014.
- [8] T. Oda, et. al., "Analysis of Mesh Router Placement in Wireless Mesh Networks Using Friedman Test", *Proc. of The IEEE 28-th International Conference on Advanced Information Networking and Applications (IEEE AINA-2014)*, pp. 289-296, 2014.
- [9] T. Oda, et. al., "Effect of different grid shapes in wireless mesh network-genetic algorithm system", *International Journal of Web and Grid Services*, Vol. 10, No. 4, pp. 371-395, 2014.
- [10] T. Oda, et. al., "Analysis of Mesh Router Placement in Wireless Mesh Networks Using Friedman Test Considering Different Meta-heuristics", *International Journal of Communication Networks and Distributed Systems*, Vol. 15, No. 1, pp. 84-106, 2015.
- [11] T. Oda, et. al., "A Genetic Algorithm-based System for Wireless Mesh Networks: Analysis of System Data Considering Different Routing Protocols and Architectures", *Soft Computing*, Vol. 20, No. 7, pp. 2627-2640, 2016.
- [12] S. Sakamoto, et. al., "Performance Evaluation of Intelligent Hybrid Systems for Node Placement in Wireless Mesh Networks: A Comparison Study of WMN-PSOHC and WMN-PSOSA", *Proc. of The 11-th International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing (IMIS-2017)*, pp. 16-26, 2017.
- [13] J. H. Holland, "Genetic Algorithms", *Scientific American*, Vol. 267, No. 1, pp. 66-73, 1992.
- [14] D. B. Skalak, "Prototype and Feature Selection by Sampling and Random Mutation Hill Climbing Algorithms", *Proc. of The 11-th International Conference on Machine Learning (ICML-1994)*, pp. 293-301, 1994.
- [15] S. Kirkpatrick, et. al., "Optimization by Simulated Annealing", *Science*, Vol. 220, No. 4598, pp. 671-680, 1983.
- [16] F. Glover, "Tabu Search: A Tutorial", *Interfaces*, Vol. 20, No. 4, pp. 74-94, 1990.
- [17] J. Kennedy and R. Eberhart, "Particle Swarm Optimization", *Proc. of The IEEE International Conference on Neural Networks (ICNN-1995)*, pp. 1942-1948, 1995.
- [18] A. Hirata, et. al., "Approach of a Solution Construction Method for Mesh Router Placement Optimization Problem", *Proc. of The IEEE 9-th Global Conference on Consumer Electronics (IEEE GCCE-2020)*, pp. 467-468, 2020.
- [19] A. Hirata, et. al., "A Coverage Construction Method Based Hill Climbing Approach for Mesh Router Placement Optimization", *Proc. of The 15-th International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA-2020)*, pp. 355-364, 2020.
- [20] A. Hirata, et. al., "A Simulation System for Mesh Router Placement in WMNs Considering Coverage Construction Method and Simulated Annealing", *Proc. of The 16-th International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA-2021)*, pp. 78-87, 2021.
- [21] A. Hirata, et. al., "Simulation Results of CCM Based HC for Mesh Router Placement Optimization Considering Two Islands Model of Mesh Clients Distributions", *Proc. of The 9-th International Conference on Emerging Internet, Data Web Technologies (EIDWT-2021)*, pp. 180-188, 2021.
- [22] A. Hirata, et. al., "A Coverage Construction and Hill Climbing Approach for Mesh Router Placement Optimization: Simulation Results for Different Number of Mesh Routers and Instances Considering Normal Distribution of Mesh Clients", *Proc. of The 15-th International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems (CISIS-2021)*, pp. 161-171, 2021.
- [23] A. Hirata, et. al., "A CCM-Based HC System for Mesh Router Placement Optimization: A Comparison Study for Different Instances Considering Normal and Uniform Distributions of Mesh Clients", *Proc. of The 24-th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS-2021)*, pp. 329-340, 2021.
- [24] A. Hirata, et. al., "A Delaunay Edge and CCM-based SA Approach for Mesh Router Placement Optimization in WMN: A Case Study for Evacuation Area in Okayama City", *Proc. of The 10-th International Conference on Emerging Internet, Data Web Technologies (EIDWT-2022)*, pp. 346-356, 2022.
- [25] A. Hirata, et. al., "A Voronoi Edge and CCM-Based SA Approach for Mesh Router Placement Optimization in WMNs: A Comparison Study for Different Edges", *The 36th International Conference on Advanced Information Networking and Applica-*

tions (AINA-2022), pp. 220-231, 2022.

[24] R. Tarjan, "Depth-First Search and Linear Graph Algorithms", SIAM Journal on Computing, Vol. 1, No. 2, pp. 146-160, 1972.

[25] "おかやま全県統合型GIS",
<http://www.gis.pref.okayama.jp/pref-okayama/OpenData>,
2021-11-16.

Mesh router placement and number of mesh routers optimization: Improving cost efficiency in WMNs

Aoto Hirata, Tetsuya Oda*, Nobuki Saito and Kengo Katayama*

Graduate School of Engineering,

Okayama University of Science (OUS), Okayama, 1-1 Ridaicho, Kita-ku, Okayama 700-0005, Japan,

**Department of Information and Computer Engineering, Faculty of Engineering,*

Okayama University of Science (OUS),

1-1 Ridaicho, Kita-ku, Okayama 700-0005, Japan

(Received October 31, 2022; accepted December 5, 2022)

The Wireless Mesh Networks (WMNs) consist of two nodes, a mesh router and a mesh client, which are interconnected to form a large wireless network. WMNs is a technology that can provide a stable wireless network over a wide area and is used as a network for IoT devices in factories and as a temporary network during disasters. There are different methods for optimizing the placement of mesh routers. In our previous work, we proposed a Coverage Construction Method (CCM), CCM-based Hill Climbing (HC) and CCM-based Simulated Annealing (SA) system for mesh router placement problem considering normal and uniform distributions of mesh clients. We also proposed a Delaunay edge and CCM-based SA and considered a realistic scenario for mesh client placement rather than randomly generated mesh clients with normal or uniform distributions. However, this approach required many mesh routers to cover mesh clients located over a wide area.

In this paper, we propose a method for optimization of number of mesh routers in WMNs.

Keywords: Wireless Mesh Network; Mesh router placement problem; Simulated Annealing; Delaunay triangulation.