

Unityを用いたネットワークシミュレーションの可視化アプリケーションの開発

Development of a Network Simulation Visualizing Application Using Unity

山崎 樹生[†] 向井 亮一^{††} 村上 慎之介^{††} 大田 知行^{††} 角田 良明^{††}

Tatsuki Yamazaki[†] Ryoichi Mukai^{††} Shinnosuke Murakami^{††} Tomoyuki Ohta^{††} Yoshiaki Kakuda^{††}

[†] 広島市立大学 情報科学部 ^{††} 広島市立大学 大学院情報科学研究科

1 はじめに

我々の研究グループでは、Mobile Ad hoc NETwork (MANET)[1]を用いた災害時における避難支援のための避難経路選択手法について研究を行っている[2]. MANETとは、無線通信機能とネットワーキング機能を備えたモバイル端末により構築されるネットワークである。MANETは基地局などの固定インフラストラクチャに依存せず、無線マルチホップ通信を行うことができる。そのため災害時等の通信インフラストラクチャが使用できない場合の有効な通信補助手段となると期待されている。これまでに、MANETを用いた避難経路選択手法を導入した避難支援システムのシミュレーションによる評価実験を行ってきた[3].この際、避難支援システムの実機端末を用いた実験的評価を行うために、避難支援システムが実装されたシミュレータと実機端末を連携させ、評価実験を行った。評価実験において、シミュレータではシミュレーションフィールドおよびフィールド内を移動するユーザが生成され、ユーザには避難支援システムが実装されている。また、実機端末には避難経路選択手法に基づいて導出された避難経路を可視化し、避難場所までの避難誘導を行う避難支援ソフトウェアが実装されている。

避難支援ソフトウェアの開発時、シミュレーション結果だけでは避難時の状況を把握することが困難であり、ソフトウェアの動作が妥当であるかを確認することが難しいという問題がある。そのため本研究では、避難支援ソフトウェアの開発支援を目的とした、可視化アプリケーションを開発する。可視化アプリケーションでは、シミュレータにより生成されるシミュレーション状況の情報（以降、シミュレーション情報）を基に、シミュレーション内のユーザの移動の様子をUnity[4]を用いて三次元空間上で可視化を行う。

2 システム構成

図1に構築したシステムの構成図を示す。本実験のシステムは、避難支援システム[3]が構築されたネットワークシミュレータと、シミュレータで生成されるユーザと連携を行い避難支援ソフトウェアが実装されている実機端末および、ネットワークシミュレーション状況の可視化を行う可視化アプリケーションから構成される。以降、各構成要素について説明する。

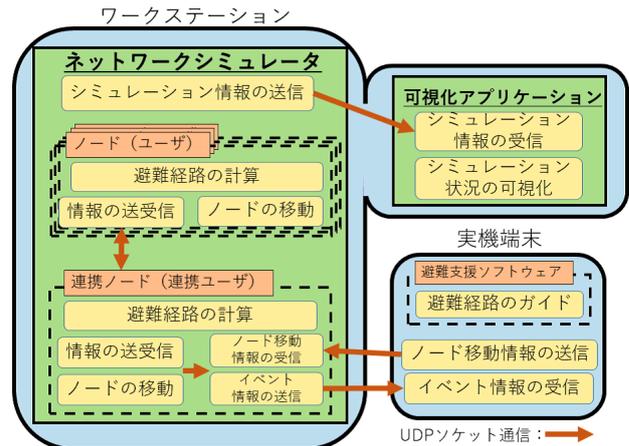


図 1: システム構成図

2.1 ネットワークシミュレータ

ネットワークシミュレータは、災害発生時の屋外を模したシミュレーションフィールドおよびフィールド内を移動するユーザを生成し、災害時の避難状況を模したシミュレーションを実行する。生成されたユーザにはユーザ間で情報共有を行うためのUDPソケット通信機能が実装されている。シミュレーション開始前に、特定のユーザをシミュレータ内の連携ユーザとして設定する。連携ユーザはシミュレーション上で実機端末の代わりを担う機能を持ち、通常のユーザとしての機能に加え、実機端末との情報の送受信を行うためのUDPソケット通信機能を持つ。また、ネットワークシミュレータは可視化アプリケーションに向けてフィールド上のユーザ位置等のシミュレーション情報を送信するためのUDPソケット通信機能を持つ。

通信機能を用いて、各ユーザはフィールド中の危険な場所や安全な場所を把握するため、そのフィールドにおける自身の位置と危険であるかを記した情報を定期的にユーザの間でやり取りし、情報の共有と収集を行う。各ユーザは収集した情報を基に、自身の現在地から避難場所までの避難経路を避難経路選択手法[2]を基に計算し、移動を行う。

2.2 実機端末

実機端末には、情報を基に計算した避難経路の可視化を行い、ユーザに対し避難経路のを行う避難支援ソフトウェアが実装されている。また、連携ノードとのUDPソケット通信機能を持ち、連携ユーザが受信した全てのメッセージおよびイベント発生時に生成されるイベント情報（ユーザの移動等）をUDPソケットを通して受信する。実機端末はシミュレータで生成される連携ユーザを介し、シミュレータと連携する。シミュレーション実行時には、実機端末より連携ユーザの移動情報を送信することで、シミュレーション中の連携ユーザを操作することができる。避難支援ソフトウェア実行後、収集されたシミュレーション情報および連携ノードの情報を基に実機端末上で生成したウィンドウ中に、シミュレーションによって生成されたフィールドの平面図およびフィールド内に存在する連携ノードを描画する。ソフトウェアは、連携ユーザより収集した情報を基に、ユーザの現在地から避難場所までの避難経路を計算し、それを描画することで、避難の支援を行う。

2.3 可視化アプリケーション

可視化アプリケーションは、シミュレータにより生成されるシミュレーションフィールドの情報やシミュレーション情報をシミュレータより収集する。その後、収集した情報を基にシミュレーション内のユーザの移動の様子をUnityを用いて三次元空間上で可視化を行う。

3 シミュレーション構成

3.1 前提条件

屋外を想定したフィールドを用意し、フィールド内をセクションと呼ばれるエリアに分割する。各ユーザは避難支援ソフトウェアによってフィールド内のトポロジを与えられ、初期位置から避難所となるセクションまで避難経路選択手法に基づいて決定した経路にしたがって移動をする。各セクションにはバッテリー式のビーコンが設定されており、ユーザは現在存在するセクションを常に知ることができる。

3.2 ユーザの役割

各ユーザはLeaderとNormalという二つの役割の内、どちらか一つの役割を持つ。各セクションにおいて、Leaderは一人とし、残りはNormalとなる。LeaderとNormalの役割は以下の通りである。

- (i) **Normal** : 自分自身の存在するセクションの位置や、そこが危険であるかどうかを示すセクション状態等のセクションの情報を同じセクション内のすべてのユーザにフラッディングにより送信する。
- (ii) **Leader** : 存在するセクションの情報を他のセクションに存在するすべてのユーザに対してフラッディングにより送信する。

3.3 経路選択手法

各ユーザはフィールドのトポロジに基づき、現在のセクションから出口セクションまでの経路を求める。経路選択をするうえで、各セクションの重みは各セクションのLeaderにより送信されたセクション内のユーザ数として計算する。ただし、MANETにより情報を受信することができなかったセクションはunknown状態とし、その重みは全ユーザ数とする。

重みが最小となる経路の計算を行う各ユーザはセクションを移動するたびに、その時点で収集された情報に基づいて最適な経路を選択する。経路選択の際に、unknown状態のセクションは選択しない。ただし、経路が求まらない場合には、unknown状態のセクションも使用した上で、経路選択を行う。

4 可視化アプリケーションの開発

4.1 シミュレーション状況の情報の取得

可視化アプリケーションは起動後、ネットワークシミュレータからのシミュレーション情報の待ち受けを開始する。可視化アプリケーションで用いたシミュレーション情報は以下に示す通りである。

- (i) **セクション情報** : セクション内に存在する端末数およびセクションの状態
- (ii) **ユーザ情報** : ユーザ端末のID、ユーザ端末が存在するセクションのID、ユーザ端末の現在位置および役割の状態

4.2 シミュレーション状況の可視化

可視化アプリケーション起動時、事前にアプリケーションに登録されたシミュレーションフィールドの情報（フィールドおよびセクションのサイズ、セクション数、フィールド内の壁の位置等）を基に、Unityを用いて生成されたウィンドウ上に3次元オブジェクトを配置することでシミュレーションフィールドの可視化を行う。また、可視化アプリケーションは、シミュレーションでユーザの移動イベントが発生するたびにネットワークシミュレータより送信されるシミュレーション情報を受信する。セクション情報を基に、可視化されたシミュレーションフィールド中の災害が発生しているとみられるセクションに災害を模したオブジェクトを描画することで、災害状況の可視化を行う。そして、ユーザ情報を基に、可視化されたシミュレーションフィールド内にユーザを模したオブジェクトを配置し可視化する。この際ユーザの役割の状態に応じ、配置するユーザのオブジェクトの色を変えることで各ユーザの役割の可視化を行う。

5 動作実験

5.1 実験方法

本実験では、Java言語を用いてネットワークシミュレータを作成し、Unityによって開発した可視化アプリケーションの動作確認を行う。本実験において、ネットワークシミュレータと可視化アプリケーションは同

じワークステーション (WS) 上に実装した。また、実機端末として Raspberry Pi と Android 端末を用いた。Raspberry Pi は連携ノードとの通信および Android 端末に連携ユーザからの情報を送信する。Android 端末には避難支援ソフトウェアを実装し、Raspberry Pi から受信した情報を基にディスプレイ上に避難経路の可視化を行う。Raspberry Pi とネットワークシミュレータは有線 LAN によって接続され、Raspberr Pi と Android 端末は無線 LAN によって接続され、通信を行う。

本実験で使用した実験環境を表 1 に示し、シミュレーションフィールドを図 2 に示す。ユーザ数を 100, 200 の場合でシミュレーションを行い、セクション内のユーザと確実に通信できるようにセクションサイズに合わせて電波到達範囲を 20 m と設定する。屋外を模したフィールドのセクション 21 で浸水被害が発生し、通り抜けることができない設定とする。また、セクション 04, 44 を避難所 (出口セクション) として設定した。

シミュレーション開始時、シミュレーションフィールド上のランダムな位置にユーザを配置する。各ユーザは経路選択手法により選択した経路に基づいて出口セクション 04 または 44 のどちらかに向けて移動をする。いずれかの出口セクションに全ユーザが到着するまでシミュレーションを続け、可視化アプリケーションの動作確認を行った。

表 1: 実験環境

ユーザ数	100, 200
電波到達範囲 [m]	20
セクションサイズ [m^2]	20 × 20
セクション数	25
フィールドサイズ [m^2]	100 × 100
避難所 (出口セクション)	section04, section44

5.2 実験結果

動作実験の結果得られた可視化アプリケーションによるシミュレーション状況の可視化時のスクリーンショットを、図 3 に示す。図 3 中の左右のウィンドウに、可視化アプリケーションによって可視化されたシミュレーション状況が表示されており、シミュレーションフィールドとフィールド内に存在するユーザが可視化されている。ユーザはその役割に応じて、Normal は緑色、Leader は黄色、連携ユーザは赤色に色付けがされている。図 3 中の左側のウィンドウではシミュレーションフィールドが可視化されており、シミュレーション状況を俯瞰して確認することができる。また、右側のウィンドウには連携ユーザの視点でシミュレーションフィールドを確認することができる。ユーザ数を 100, 200 と変更した場合でも同様の動作をすることが確認できた。

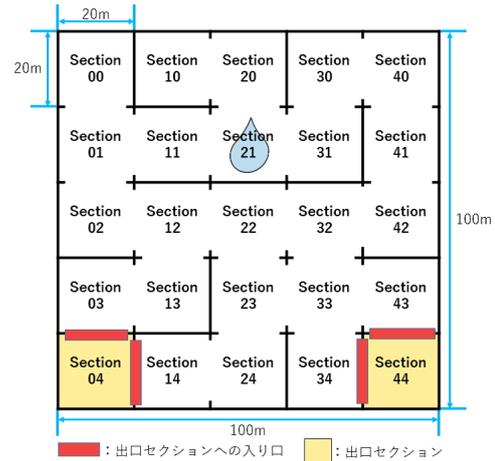


図 2: シミュレーションフィールド

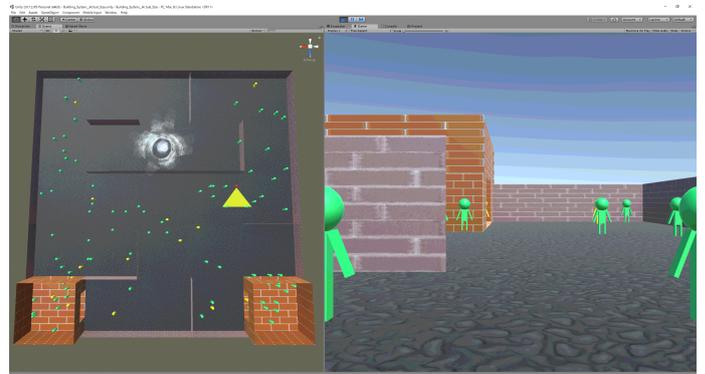


図 3: 可視化アプリケーションによるシミュレーションの可視化状況

6 まとめと今後の課題

本稿では、ネットワークシミュレーションの可視化アプリケーションの開発について述べた。ユーザの通信状況を把握するためにユーザ間の通信の可視化を検討している。また、シミュレーションフィールドを変化させた場合でも同様に可視化が行えるか確認する必要がある。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 JP17K00130 の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] S. Basagni, M. Conti, S. Giordano, and I. Stojmenovic, "Mobile ad hoc networking cutting edge directions," pp.3-33, Wiley-IEEE Press, 2013.
- [2] 清水 雄大, 大田 知行, 角田 良明, "MANET を用いた避難経路負荷分散のための避難経路選択手法

の実験的評価,” 第20回 IEEE 広島支部学生シンポジウム, B1-19, pp.243-244, Nov. 2018.

- [3] S. Murakami, T. Ohta, J. Dunkel, and Y. Kakuda, “Evaluation framework using simulator and mobile device for developing evacuation route guidance in MANET-based building evacuation system,” Proc. 2019 IEEE Intl Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing, Intl Conf on Pervasive Intelligence and Computing, Intl Conf on Cloud and Big Data Computing, Intl Conf on Cyber Science and Technology Congress, at the 18th International Workshop on Assurance in Distributed Systems and Networks (ADSN 2019), pp.667-671, Aug. 2019.
- [4] Unity Technologies, “Unity-3D,” <https://unity3d.com/jp>, (accessed Sep. 2, 2019).