

# ロボカップレスキューシミュレーションにおける DTN 環境に関する一考察

川村 真之      坂東 昌大      庄子 佳津雄      伊藤 暢浩  
 愛知工業大学

## 1 はじめに

災害シミュレーションのひとつとして RoboCup Rescue Simulation(以下 RCRS) がある。これは、市民や災害救助隊をエージェントとし様々な災害状況に対する救助戦略をシミュレーションするものである。

想定される災害状況の中には、実際の災害時のように無線通信などの広域通信の利用が制限された通信環境をもつ状況も考えられる。

RCRS には、災害救助隊が協調して救助戦略を行なうための情報共有手段として無線通信と直接通信がある。無線通信は距離の制限なく情報伝達が可能だが、直接通信は災害救助隊の周囲のみに情報を伝達するため、無線通信は、協調した救助活動のための重要な役割を果たしている。

しかし、RCRS において無線通信の利用が制限された環境を想定すると、直接通信のみを利用することになり、情報伝達の失敗や遅延が発生するという問題が生じる。

そこで、本研究では直接通信の通信の特性を Delay-Tolerant Network(DTN) 環境ととらえ、DTN 環境のルーティング方式である SMART Routing を RCRS の災害救助隊に適用し、その性能を分析する。

## 2 RoboCup Rescue Simulation

RCRS は、地震災害による火災や建物倒壊、道路閉塞が発生した仮想的な被災都市において、災害救助隊が市民の救助・火災の消火および道路閉塞の啓閉を行なうシミュレーションである。RCRS の環境では、無線通信が使用できず、声による直接通信のみを使用する状況が起こりうる。

実際の災害現場においても、必ずしも無線通信が可能とはいえないので、直接通信のみを利用した救助戦略を設計する必要性が考えられる。この場合、災害救助隊の間で効率よく情報共有を行なえるかが重要となる。

本研究では、RCRS 環境を用い、RCRS で取り扱われる問題のひとつの情報共有問題に注目する。以下では RCRS での情報共有手段と情報共有問題について説明する。

### 2.1 情報共有手段の仕様

RCRS の情報共有手段には無線通信と直接通信の二種類が存在する。無線通信は距離に関係なく情報を伝達する方法である。直接通信は声による発話を想定したものである。そのため、聴覚範囲に制限があり、本研究では聴覚範囲を 30m とする。

### 2.2 情報共有問題

RCRS の研究課題のひとつに、情報共有問題がある。エージェントは情報を直接通信、または直接通信と無線通信の組み合わせで共有することができる。既存のネットワークのルーティングは、エンドツーエンドのパスが常に張られていることを想定したものである。本研究では無線通信が利用できない環境での活動を想定しているため、聴覚範囲に制限のある直接通信のみを利用する RCRS に既存のネットワークのルーティングを適用しても、メッセージの配送に大きな遅延が生じることが考えられる。

## 3 Delay-Tolerant Network のルーティング方式

本研究では、大きな遅延や接続状態が不安定なネットワークである DTN において、メッセージを宛先まで配送することが可能である DTN ルーティングに注目する。以下では、本研究が対象とする SMART Routing の原型となった Epidemic Routing と SMART Routing について説明する。

### 3.1 Epidemic Routing

Epidemic Routing[1] は、メッセージのコピーを感染的に広めていくことにより、最終的に宛先へメッセージの伝達を行なうルーティング方式である。まず、2つのノードは持っているメッセージの概要を交換し、自身の持っている概要と比較することで、自身の持っていないメッセージをもう一方のノードへ要求する手法を取っている。Epidemic Routing のメッセージ交換は図1のように行なわれる。

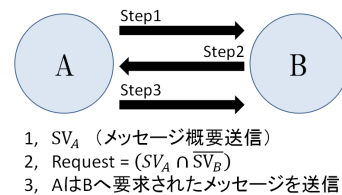


図1 Epidemic Routing を適用した2つのノードA、Bが互いの通信可能範囲に入った時の行動

Epidemic Routing は、全ての出会ったノードにメッセージのコピーを広めていくため、最小時間で宛先へメッセージを配送できるが、余分なパスへメッセージを配送することからメッセージバッファが増加する問題がある。

### 3.2 SMART Routing

上記の問題を解決するために提案された手法である Selectively MAking pRogress Toward delivery(SMART)[2] に注目する。SMART Routing は Epidemic Routing に改良を加えたルーティング方式であ

A Consideration in Delay Tolerant network environment for RoboCup Rescue Simulation  
 Masayuki Kawamura Masahiro Bando Kazuo Shoji  
 Nobuhiro Ito  
 AICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

る。メッセージ交換方法は Epidemic Routing と同じであるが、メッセージ配送の制御には、決められた数のメッセージのコピーを作成するとメッセージ配送を終了する Binary Spray を基本としている。さらに、各ノードは頻繁に出会うノードを式 (1) から Companion Value(CV) を計算し、Companion を選定する。

$$CV(j) = \frac{n_j \times \alpha^{tick_j}}{\sum_{k=1}^{n_j} \frac{t_{j(k+1)} - t_{jk}}{n_j}} \quad (1)$$

ここで、CV(j) はノードごとに求められる値であり、式 (1) の各値をノード x に注目して説明する。n<sub>j</sub> は T 時間経過時のノード x とノード j の接触回数、α は 0 から 1 の経験的な値、tick<sub>j</sub> はノード x とノード j が最後に出会ってから経過した時間、そして t<sub>j1</sub>...t<sub>j(n<sub>j</sub>+1)</sub> はノード x とノード j が最近遭遇した時間を昇順で表した値である。

メッセージを宛先に向けて送信するときやメッセージを中継するとき、宛先が Companion に含まれていた場合、各ノードが選んだ各 Companion へ優先的にメッセージを配送する companion spray モードを使用する。この companion spray モードを使用することで、Epidemic Routing よりも余分なメッセージのコピーを作成しないため、メッセージバッファを抑える利点がある。メッセージ配送には、normal spray と companion spray, direct transmission の 3 つを使い分けることにより、メッセージの配送時間の短縮と高い配送確率を達成する。

## 4 DTN ルーティング方式の導入

RCRS の災害救助隊エージェントの通信方式に SMART Routing を導入する。しかし、RCRS に SMART Routing を適用するためには以下のような問題点がある。

RCRS の仕様では、あるステップで送信された情報は、次のステップで受信される。そのため、RCRS に現実での環境の動作である DTN のルーティングをそのまま適用することはできない。よって、SMART Routing の 1 回の通信手順の 3 つのステップをそれぞれ RCRS の 1 ステップにすることで、RCRS に適用した。

## 5 評価と考察

実装した通信方式を実際に RCRS 上でシミュレーションを行い、災害救助隊エージェントがランダムに決めた配送先に対するメッセージを作成、配送し、宛先までのメッセージの配送率と配送時間により評価を行なう。

### 5.1 実験環境

本研究での RCRS の設定は、以下のように設定する。

#### エージェントアルゴリズム

救助活動を行わず、ランダムな移動と SMART Routing のメッセージ配送を繰り返すエージェントを作成した。

#### メッセージ形式

SMART Routing の通信で用いるメッセージの形式は NAITO-Rescue[3] のメッセージ形式を採用する。これは、配送するメッセージにヘッダとしてメッセージの種類、送信者の固有の ID を含む形式である。

### 災害環境

シミュレーションで利用する地図は RCRS のパッケージに含まれる地図の中で最もサイズの大きい地図である Berlin (図 2) とし、エージェントを Berlin の道路上にランダムに 60 体配置した。また、宛先までのメッセージの配送率を測るため、エージェントの移動に影響のある災害環境の火災の発生、道路閉塞の発生はしないものとする。



図 2 Berlin のスクリーンショット

## 5.2 実験結果

RCRS と上記の設定により 10 回実験を行った。実験の結果は表 1 のようになった。

表 1 実験結果

	平均	標準偏差
メッセージ配送率	28.33 (%)	2.0
メッセージ配送時間	179.5 (step)	8.16

表 1 から、SMART Routing による通信方式は、少なくとも配送先へ情報を配送できることが分かった。今回はエージェントの移動にランダムな移動を用いていたが、エージェントが情報を共有するために積極的な活動を行えば、配送率や配送時間は向上すると考えられる。

## 6 まとめ

本研究では、RCRS において無線通信の利用できない環境で、直接通信のみを利用する通信方式を考察した。

今後の課題として、SMART Routing の元となった Epidemic Routing を災害救助隊エージェントに実装し、配送率、配送時間の比較を行う必要がある。また、この通信方式を実際に救助戦略に実装し、無線通信が利用できない災害環境での情報共有方式として活用できるかどうかの分析が必要である。

## 参考文献

- [1] Vahdat, A. and Becker, D.: Epidemic Routing for Partially-Connected Ad Hoc Networks, Technical report, Duke University (2000)
- [2] Lei Tang, Qunwei Zheng, Jun Liu, Xiaoyan Hong, Selective Message Forwarding in Delay Tolerant Networks, MOBILE NETWORKS AND APPLICATIONS Volume 14, Number 4, 387-400 (2009)
- [3] NAITO-Rescue11 <http://code.google.com/p/naito-rescue11>