

トリアージ支援ネットワークにおける搬送優先度を考慮した routing手法の検討*

田村 寛樹[†] 友澤 弘充[‡] 小林 ひかる[‡] 重野 寛^{† §}
慶應義塾大学理工学部[†] 慶應義塾大学大学院理工学研究科[‡]
独立行政法人科学技術振興機構, CREST[§]

1 はじめに

災害時に、傷病者にタグをつけ、緊急度により救命の順序を決定し、できるだけ多くの人命を救助するトリアージと呼ばれる救命救急方式が導入されてきている。トリアージにおいて、タグを電子化し、災害や事故の現場でセンサネットワークを構築して、傷病者の位置や病状変化のデータをリアルタイムで一元管理できるようなトリアージ支援ネットワークの研究が活発となってきている [1]。ここで、搬送優先度が高い傷病者から順次搬送されていくため、搬送優先度が低い傷病者は長時間搬送を待つことになる。このため、搬送優先度が低い傷病者のノードの電力消費を抑えなければならない。よって、搬送優先度が高い傷病者のノードをより多く中継ノードとして選択する必要がある。

本稿では、一定時間内に搬送される各色の傷病者数である「搬送率」を考慮して、搬送率の高い色の傷病者を中継ノードとして選択する確率が高くなるような routing 手法を検討する。

2 背景

2.1 トリアージとセンサネットワーク

トリアージにおいて、トリアージポストと呼ばれる、医師や救急救命士などが傷病者の緊急度を判断する場所へ傷病者は搬送される。そして、トリアージポストでトリアージタグと呼ばれるタグをつけ、緊急度が高い順に赤、黄、緑、黒の4つに分類する。その後、傷病者は緊急度の高い順に搬送・処置される。

現在、このトリアージタグは紙である。このため、傷病者の緊急度は傷病者のいるところまで行かなければ分からず、また病状の急変が把握できないといった問題点がある。この問題点に対し、トリアージタグにセンサを取り付け、現場でセンサネットワークを構築して、傷病者の位置や病状変化のデータをリアルタイムで一元管理できるトリアージ支援ネットワークの研究が活発となってきている。

トリアージタグをつけられた傷病者をセンサノード、傷病者のデータを収集・管理するサーバをシンクノードとする。センサネットワークの構築により、傷病者のデータを送信することができる。各センサノードは定期的にデータをシンクノードへ送信するが、シンクノードが送信範囲内に存在しない場合、他のセンサノードを中継ノードとして使用する。また、緊急度の高い傷病者ほど迅速な搬送が必要であり、他の傷病者よりも優先的に搬送される。

2.2 既存方式と問題点

搬送優先度が高い傷病者に対し、搬送優先度の低い傷病者はトリアージポスト内に長時間残ることとなる。これにより、一部のセンサノードの電力が切れてしまう可能性が高くなるという問題点がある。搬送が遅いために、センサノードの電力が切れてしまうことを避けなければならない。

既存方式である AODV は一度中継ノードとして選択したノードを、そのノードが離脱するまで中継ノードとして使用し続ける。これにより、中継ノードとして使用された回数の多いセンサノードの電力が切れてしまう可能性が高くなるという問題点がある。中継ノードとしての負荷が高くなることにより、センサノードの電力が切れてしまうことを避けなければならない。

3 提案

センサノードの電力切れ問題を回避するために、搬送優先度を考慮し搬送が遅いセンサノードの電力消費を抑える routing 手法として、RPPoT(Routing Protocol for Relay Node Using Priority of Transportation) を提案する。

RPPoT では、搬送優先度を考慮するために、一定時間内に搬送される各色ごとの傷病者数である「搬送率」を用いる。シンクノードは定期的にトリアージポスト内にいるセンサノードに対し、搬送率を一定時間 dt 毎に n ホップ分ブロードキャストする。このとき、各センサノードはブロードキャストパケットが通過してきた全経路を経路表に格納する。そして搬送率を受け取る度にセンサノードは、搬送率が高い色、つまり搬送優先度が高い色のノードを選択する確率が高くなるように Next Hop を選択する。複数経路を経路表に格納しているため、中継ノードが搬送されたときに経路探索を行う必要がなく電力の削減ができ、さらに、早く搬送されると予測されるノードを中継ノードと

*Routing Protocol Using Priority of Transportation for Triage Network

[†]Hiroki Tamura, Hiroshi Shigeno

[‡]Faculty of Science and Technology, Keio University

[‡]Hiromitsu Tomozawa, Hikaru Kobayashi

[‡]Graduate School of Science and Technology, Keio University

[§]JST, CREST

して選択するため、搬送が遅いと予測されるノードの電力消費を抑えることができる。

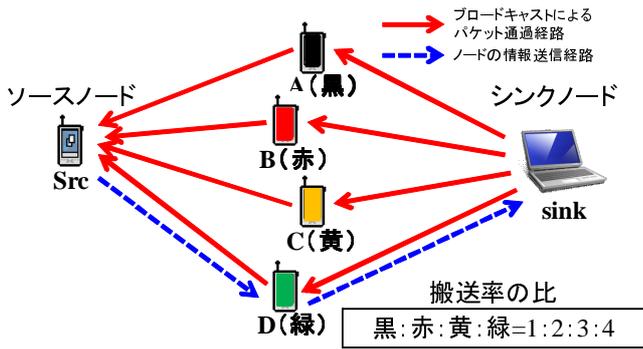


図 1: RPPoT の動作例

図 1 に RPPoT の中継ノード選択の動作を示す。まず sink はトリアージポスト内にあるセンサノードに対し、 n ホップ分ブロードキャストを行う。sink によるブロードキャストを利用し、Src は中継ノードが A, B, C, D の 4 つの経路を全て経路表に格納する。そして、自分自身の病状変化等のデータを定期的に送信する。sink は一定時間 dt 毎に算出した搬送率をトリアージポスト内のノードへブロードキャストする。搬送率の情報を保持したブロードキャストパケットを受け取ったノードは、搬送率を基に搬送率が高い色のノード、つまり、搬送されるのが早いと予測されるノードを選択する確率が高くなるように、確率的に Next Hop を選択する。図 1 で、搬送率の比が「黒:赤:黄:緑 = 1:2:3:4」であるとき、Src は緑である D を確率 p_{green} で Next Hop に選択し、傷病者のデータを sink へ送信する。確率 p_{green} は以下の式で表される。

$$p_{green} = \frac{\text{緑の搬送率}}{\text{各色の搬送率の総和}} = \frac{4}{1 + 2 + 3 + 4}$$

Src は搬送率が高い緑である D を中継ノードとして選択する確率が高くなる。また、D が搬送された場合、Src は複数経路を経路表に格納しているため、再度経路を探索する必要がなく電力の消費を抑えることができる。

4 シミュレーションによる評価

ネットワークシミュレータ QualNet に、RPPoT を実装した。表 1 にシミュレーション条件を示す。シミュレーションはトリアージポスト内での通信を想定している。トリアージポスト内にあるセンサノードの総電力残量とパケット到着率を評価する。シミュレーションでは AODV と提案方式の比較を行う。

4.1 シミュレーション結果

図 2 にノード数 50 の時のトリアージポスト内の総電力残量と時間の関係を、図 3 にパケット到着率を示す。図 2 より、RPPoT は AODV と比較して、全体的に電力消費を抑え、さらに搬送が遅いノードの電力残量の増加が確認できる。また図 3 より、経路の切り替えをしているのにも関わらず、シンクノードへ送信したパケットの到着率を維

表 1: シミュレーション条件

シミュレーション時間	7200 sec
シミュレーションエリア	50 m×50 m
ブロードキャストホップ数 n	2
無線到達距離	30 m
傷病者データ送信間隔	10 sec
ノード配置	ランダム
試行回数	5

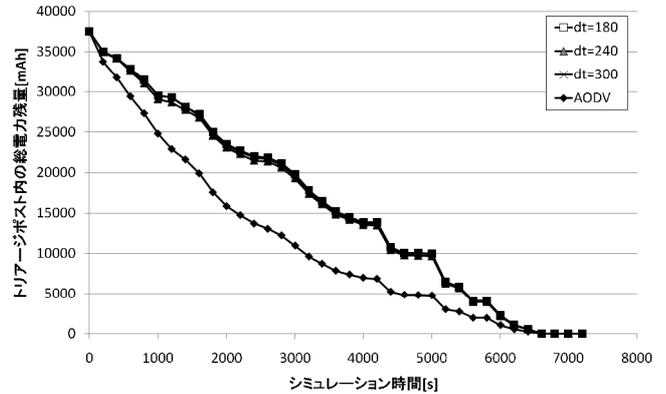


図 2: ノード数 50 の時のトリアージポスト内の総電力残量

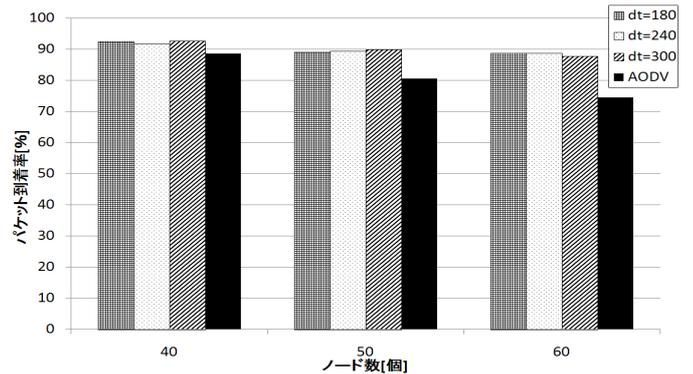


図 3: パケット到着率

持しているのが確認できる。これは経路表に複数の経路を格納しているためであると考えられる。

5 おわりに

本稿では、多数の傷病者を扱えるようにセンサを利用したトリアージ支援ネットワークにおいて、搬送優先度を考慮した routing 手法を検討した。そしてコンピュータシミュレーションを用いて評価を行った結果、既存手法である AODV と比較し、パケット到着率を維持しつつトリアージポスト内の総電力の消費と搬送が遅いノードの電力の消費の抑制を確認できた。

参考文献

[1] Hiromitsu Tomozawa, Kiyoshi Oguchi, Hiroshi Shigeno, Kenichi Okada, "Message Sending Method Using Patients' Priority For Medical Sensor Network," The 29th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems Workshops, pp.194-200, Jun.2009.