

救急救命支援システムにおけるトリアージレベルを利用した データ収集手法の検討*

友澤 弘充[†] 小口 潔[†] 田中 大吾[†] 重野 寛^{† §} 岡田 謙一^{† §}
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、傷病者の位置や病状変化をリアルタイムで監視・収集できるような救命救急支援システムの研究が活発になっている。多数の傷病者が短時間で発生する環境を想定すると、データ量は膨大になる。その中には緊急度の高い、重要なデータが存在する。単一経路を用いた伝送はロスが起りやすいという問題がある。また、フラッディングでは、トラフィック量が膨大になるという問題点がある。そこで、データを確実に送り届けるためにはトラフィック量を抑えてダイバーシティを大きくする必要がある。

本稿では、大人数の傷病者を扱うことを目的とした、センサを利用したトリアージ支援システムにおけるデータ収集手法を検討する。

2 背景

2.1 トリアージとセンサネットワーク

大事故・大規模災害により多数の傷病者が発生した際に、傷病者を緊急度によって分類し、搬送に利用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 [1]。この方式は、現場で傷病者にトリアージタグ(黒, 赤, 黄, 緑)と呼ばれるタグをつける。現在のタグは紙製で他に機能を有しておらず、トリアージを実施した際に最優先となる赤タグを付けられた負傷者の居場所や病状の急変が把握できないなどの問題点が指摘されている。この問題点に対し、トリアージタグにセンサを取り付け、傷病者の位置や病状変化をセンサネットワークを介することにより、リアルタイムで監視・収集できるようなトリアージ支援システムの研究が活発となってきている [2]。

トリアージタグを付けられた傷病者をセンサノードと呼び、データを収集するサーバをシンクノードとする。センサネットワークに適用したことにより、傷病者の状態を送信することができる。緊急度の高い傷病者ほど迅速な搬送が必要であり、他の傷病者より早く離脱することとなる。また、各人のデータを定期的に収集する必要があるため、

ネットワークには膨大なデータ量が飛び交う。センサネットワークでデータを収集する際、傷病者の状況によって送られるメッセージの種類が変化する。大きく分類すると、新たにトリアージを付けられたという参加メッセージ、定期的に位置情報等を送信する通常メッセージ、病状が急変したという急変メッセージ、搬送により離脱したという離脱メッセージがある。本稿では特に、ネットワークが変化することを知らせる参加メッセージ、急変メッセージ、離脱メッセージを緊急メッセージとしてその優先度に着目し、その送信方法について検討する。

2.2 既存の送信方式と問題点

前述の緊急メッセージの伝送方法として、ユニキャストやフラッディングがある。

ユニキャストは、宛先まで一定の経路を通り、メッセージを重複させない。経路がある程度安定しているネットワークで利用されることが多い。しかし、経路の途中で切断されるとそのメッセージはシンクノードに届かないという問題点がある。緊急メッセージがロスすることは避けなければならない。

フラッディングは、宛先までブロードキャストを繰り返す。ブロードキャストを利用するため、メッセージの重複が発生する。経路を複数利用して送られるので、経路途中でのロスには強い。しかし、前述の通り、多くのメッセージを送信しなければならず、ネットワーク中にはトラフィック量が多くなっている。その中に余分なメッセージを大量に発生させてしまうため、負荷が高くなるという問題点がある。

3 DTUP の提案

優先度を反映させるには、メッセージのダイバーシティ(パスダイバーシティ, 時間ダイバーシティ)とトラフィック量の関係を考慮する必要がある。前述のフラッディングは、ダイバーシティは大きいがトラフィック量が膨大になってしまう方式である。そこで、トラフィック量の増加を抑えつつ、ダイバーシティを大きくする送信方式として、DTUP(Diversed Transmission Using Priority)を提案する。

緊急メッセージを送信したいノードは、周辺のノードにメッセージをブロードキャストする。そのメッセージを受

*Data Collecting System Using Triage Levels for Aid Supporting System

[†]Hiramitsu Tomozawa

[†]Faculty of Science and Technology, Keio University

[†]Kiyoshi Oguchi, Daigo Tanaka, Hiroshi Shigeno, Kenichi Okada

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

[§]JST, CREST

信したノードは、そこから n ホップ分ブロードキャストを繰り返す。同じメッセージを以前取得したことのあるノードは、後から来たそのメッセージを重複分として破棄する。すなわち、トラフィック量が増えると破棄されるメッセージ数は多くなる。 n ホップだけブロードキャストした後、一定の経路を用いてシンクノードへ送信する。これにより、同じメッセージが複数のパスで伝送され、パスダイバーシティだけでなく、時間ダイバーシティも期待できる。

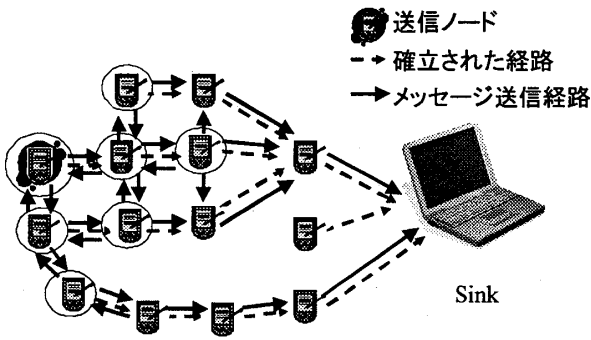


図 1: 提案手法

図 1 に提案手法の例を示す。図 1 では、フラッディングを利用すると、ダイバーシティは 3 本の経路により得られるが、ネットワーク中に存在するメッセージはパケット送信経路の本数で、41 個になる。提案手法を利用すると、ダイバーシティは 2 本の経路に減ってしまうが、ネットワーク中に存在するメッセージは 21 個になる。この例において、ダイバーシティが約 67% に減ってしまうのに対し、トラフィック量は約 50% になり、ダイバーシティを維持しつつトラフィック量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、提案手法のシミュレーションモデルを実装した。シンクノードに到着した緊急メッセージの重複数によりダイバーシティを、中継ノードにおいて重複し破棄されたメッセージ数によりトラフィック量を評価する。このシミュレーションでは、フラッディングと提案方式の比較を行う。

4.1 シミュレーション結果

表 1 にシミュレーション条件を示す。

表 1: シミュレーション条件

シミュレーション時間 [s]	500
シミュレーションエリア [m^2]	10000
ブロードキャストホップ数 n	2
無線到達距離 [m]	30
急変率 [%]	10
データ送信間隔 [s]	60
ノード配置	ランダム
試行回数	3

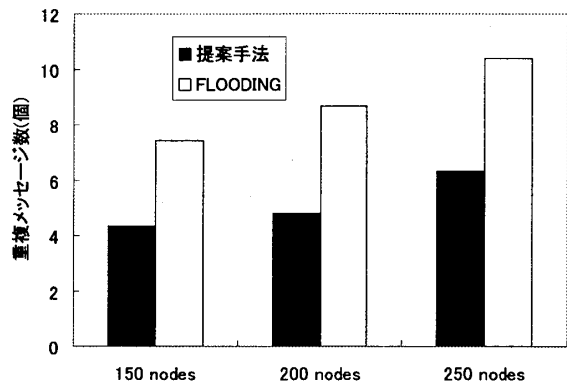


図 2: シンクノードにおける平均重複メッセージ数

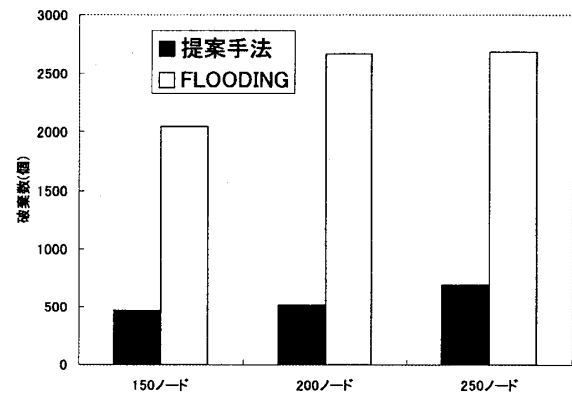


図 3: 中継ノードにおける平均重複メッセージ数

図 2 にシンクノードに届いたメッセージの重複数を、図 3 に中継ノードにおいて同じメッセージを受信したことが理由で破棄したメッセージ数をそれぞれ示す。図 2 より、ダイバーシティは半減しているが、図 3 より、提案手法はフラッディングに比べ、破棄数が減っており、トラフィック量は 25% まで抑えられていることがわかる。

5 おわりに

本稿では、大人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システムにおけるデータ収集手法を検討した。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、フラッディングと比較し、ダイバーシティを維持しつつトラフィック量を抑えられていることが確認できた。

参考文献

- [1] Alan Garner, et al., "Comparative analysis of multiple-casualty incident triage algorithms," *Annals of Emergency Medicine*, pp.541-548, Nov.2001.
- [2] Tia Gao and David White, "A Next Generation Electronic Triage to Aid Mass Casualty Emergency Medical Response," *Proc. of the 28th IEEE EMBS Annual International Conference*, pp.6501-6504, 2006