

M-064

災害救助の指揮系統に応じた情報伝達のためのアドホックネットワーク

An Information Transmission Method
Reflecting Chain of Rescue Command Through an Ad Hoc Network奥田 裕樹[†]
Yuuki Okuda原田 史子[‡]
Fumiko Harada島川 博光[†]
Hiromitsu Shimakawa

1. はじめに

天災などにより引き起こされる大規模災害においては、被災地所轄の消防署だけでは人員が足りず、近隣の消防署も協力し、大人数で消防活動を行う。大人数で行う消防活動は、効率的な作業をするため、指揮系統が階層化される。各消防隊員は通信機器を持ち、消防活動のために情報をやりとりする。やりとりする情報は、隊員を指揮するために利用されるため、遅延してはならない。

本論文では、各消防隊員が保持する通信機器によってアドホックネットワークが構築され、情報が指揮系統に沿って次々と、より上位の指揮者に伝達される環境を想定する。そして、各指揮者が求めるデータは異なることに着目し、やりとりする各データに優先度を設けることにより、各指揮者にとって必要十分なデータが遅延しない通信の方法を提案する。

2. 災害現場の情報伝達

2.1 階層化された指揮系統

災害現場で消防活動をする消防隊員の指揮系統を図1に示す。小隊は、指揮を執る1人の小隊長と複数の隊員から構成され、1つの中隊に属する。中隊は、1人の中隊長が複数の小隊長と連絡をとり、複数の小隊を指揮する。さらに、中隊は指揮系統が1つ上位の隊に属し、その隊の隊長に指揮される。このように、消防隊員の指揮系統は1対多の木構造をとる。

本論文では、指揮系統を表した木構造の根からの深さが同じノードの集まりを指揮層と呼び、木構造の葉にあたる隊員達を最も下位の指揮層、木構造の根にあたる隊長を最も上位の指揮層とする。木構造の根にあたる指揮層を第1層の指揮層と呼び、ここから順に指揮階層を数え、木構造上の各経路を指揮経路と呼ぶ。

2.2 消防活動支援のために伝達される情報

災害現場では、既存の通信ネットワークが利用できないことが多い。そのため、各消防隊員が短距離無線通信機を持つことにより、その場でモバイルアドホックネットワーク(以下、MANET)を構築しさまざまな情報をやりとりすることにより、消防活動を支援する研究がある[1][2]。各消防隊員がやりとりするデータには、自身の状態を示す脈拍・現在位置・空気ボンベの残量などや、周辺状況を示す有毒ガスの有無などがある[1]。各隊長は、これらのデータを指揮を執るための情報として利用するため、指揮層の上位ほど集まるデータは多い。多くのデータが集まれば、通信路の切断などにより、データ遅延が起こる可能性が上がる。遅延したデータを基にした指揮は、消防隊員の命を危険にさらすため、指揮を執

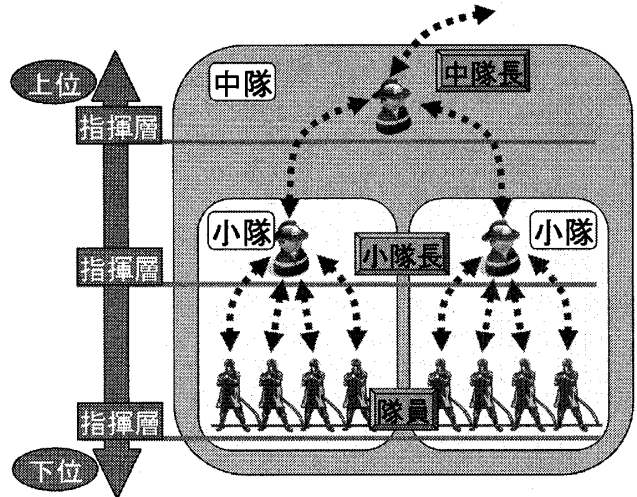


図1: 木構造をとる指揮系統

るためのデータは、各隊長へ遅延なく伝達されなければならない。

3. データ遅延を考慮した通信

3.1 MANETによる指揮系統の反映

本論文では、各消防隊員が短距離無線通信機能や自身の状態・周辺状況を収集するための機器が付いた計算機を持ち、各隊長に指揮を執るためのデータが、MANETによって伝達される環境を想定する。各隊員は、収集したデータを構築されたMANETを用いて、自分を指揮する1つ上位の隊長に伝達する。隊員が自分を指揮する隊長と直接通信ができない場合は、他の消防隊員が持つ計算機を経由することで、データは目的の隊長まで伝達される。そのため、データが流れる通信路は、指揮経路とは異なる場合があるが、各隊員には、あたかもデータが指揮系統に沿って伝達されたかのように見える。

消防活動の現場では、指揮を執るためのデータにリアルタイム性が求められるため、データ遅延が問題となる。そして、災害現場の消防隊員は消防活動で精一杯であるため、必要のないデータを見る余裕はない。そこで、各指揮階層の隊長が、指揮を執るために必要十分なデータを遅延なく受け取ることができる環境を本論文で提案する。

3.2 指揮階層別のデータレイヤ化

指揮層の下位から上位にデータが伝達される時、データを送信する計算機は、自身の持つデータを今までのデータに付加し送信する。付加されるデータとは、通過した指揮層を指揮するためのデータである。指揮経路に沿って、データが付加されていく様子を図2に示す。隊員の

[†] 立命館大学大学院 理工学研究科[‡] 立命館大学 情報理工学部

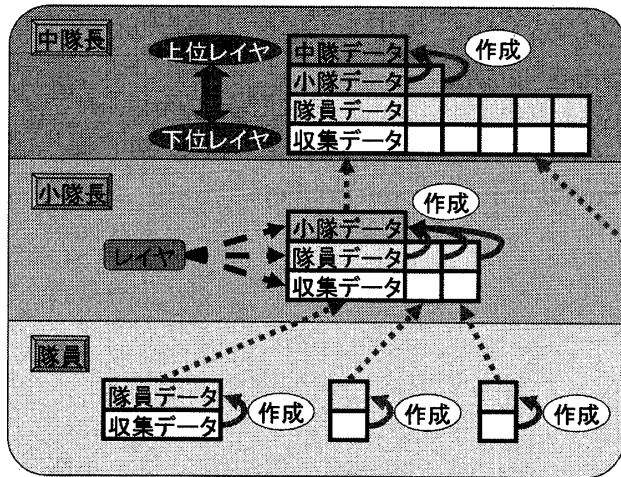


図2: 指揮階層ごとに付加されるデータのレイヤ化

持つ計算機は、収集したデータから自身の継続活動の可否など、隊員のデータを計算し、伝達するデータに付加する。小隊長の持つ計算機は、伝達された1つ下位の指揮層にいる各隊員のデータから、自小隊全体のデータを計算し、伝達するデータに付加する。このように、各隊員・隊長は指揮系統の下位から得たデータに新たなデータを付加し、より指揮系統の上位にデータを伝達する。各指揮層で付加された情報を1つのレイヤとし、隊員が収集したデータを最も下位のレイヤ、指揮層を通過するごとに付加されるデータを順に上位のレイヤと呼ぶ。

3.3 レイヤ化データの優先度設定

指揮層ごとに、指揮を執るために必要なデータは異なる。消防活動をする消防隊員は、必要のないデータを見る余裕はない。小隊長は、各隊員が作成したデータが重要であり、各隊員が収集した生のデータは必要に応じて見ることができればよい。中隊長は、各小隊のデータが重要であり、各小隊に属する隊員個人のデータは重要ではない。そこで、レイヤ化されたデータごとに優先度を設定し、必要なデータが遅延しない方法を提案する。

第 n 層の指揮階層で最も必要とされるデータは、第 $(n-1)$ 層の指揮階層における最も上位レイヤのデータである。よって、データを上位の指揮系統に伝達するさいには、その時点の最も上位レイヤのデータに最も高い優先度を設ける。優先度は、レイヤの下位にあるデータほど低くなる。

3.4 優先度に応じたデータ送信

データにはリアルタイム性が求められることから、優先度設定されたレイヤ化データを、時間に応じて送信する。MANETでは、データ着信の確認をACKパケット受信によって行う。そのため、ACKにより着信の確認ができないデータが増えれば、再送信するデータ量が増え遅延が生じる。本手法では、1-hop先のデータ着信をACKによって確認し、優先度と時間に応じたデータ再送信をする。

データ優先度と時間に応じたデータ再送信の方法を図3に示す。データを送信したにも関わらず、データ着信を確認できないデータは、データの優先度ごとに設けられる再送リストに格納される。優先度ごとに作られた

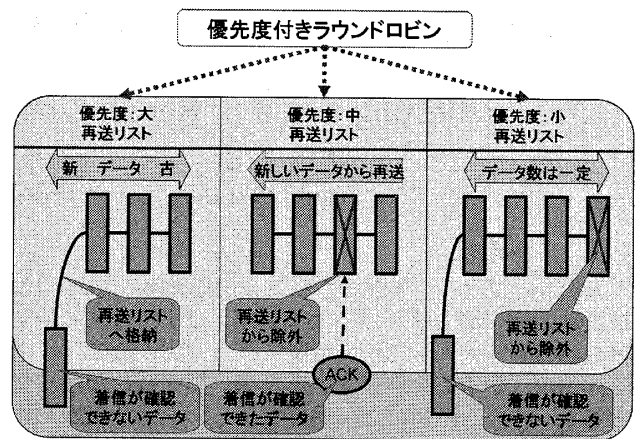


図3: 優先度と時間に応じたデータ再送信

各再送リストは、優先度付きラウンドロビンによってスケジューリングされる。再送リストに新しく格納されたデータから順に再送信処理をする。データ再送信の結果、ACKパケットを受信できたデータは再送リストから除外する。各再送リストは、一定数以上のデータが溜まると、再送リストに古くから格納されているデータから順に除外する。このように、本手法ではデータのレイヤごとに指揮層によって異なる優先度を設定し、古いデータを繰り返し再送信しないことにより、各隊長にとって必要十分なデータを遅延なく届けることができる。

4. 関連研究との比較による考察

MANETを用いて消防活動を支援する研究には、WMN[1]や、Pervasive Software Environments[2]が挙げられる。しかし、WMNの研究では、データ遅延は考慮していない。また、Pervasive Software Environmentsの研究では、短距離無線通信を用いて音声データのやりとりをするが、音声の遅延が大きいならば、音声の変わりに文字による意思伝達を推奨し、データ遅延を解消している。本手法では、遅延を考慮したデータ通信をすることで、必要なデータが遅延しない通信が実現できる。

5. おわりに

本論文では、大規模災害時の消防活動を支援するデータ通信において、各隊長が指揮を執るために必要十分なデータを遅延なく受け取ることができる方法を提案した。今後は、ネットワークのシミュレーションにより、提案手法を評価する予定である。

参考文献

[1] M. Portmann, and A.A. Pirzada, "Wireless mesh networks for public safety and crisis management applications," IEEE Internet Computing, vol.12, no.1, pp.18-25, 2008.

[2] T. Catarci, M. de Leoni, A. Marrella, M. Mecella, B. Salvatore, G. Vetere, S. Dustdar, L. Juszczak, A. Manzoor, and H.L. Truong, "Pervasive software environments for supporting disaster responses," IEEE Internet Computing, vol.12, no.1, pp.26-37, 2008.