



Title	アドホックネットワークにおけるTop-k検索のためのルーティング技術に関する研究
Author(s)	天方, 大地
Citation	大阪大学, 2015, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/52022">https://doi.org/10.18910/52022</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

## 論文内容の要旨

氏名（天方 大地）	
論文題名	アドホックネットワークにおけるTop-k検索のためのルーティング技術に関する研究

### 論文内容の要旨

近年、無線通信端末のみで自律分散的にネットワークを構築するアドホックネットワークへの関心が高まっている。緊急災害時などのインフラが利用できない環境での利用が期待されている。また、ビッグデータ時代と称されるように、情報量の増加と多様化に伴い、大量のデータの中からユーザが必要とするデータのみを検索する技術が求められている。ユーザが指定した検索条件からデータをスコア付けし、その上位k個のデータを検索するTop-k検索は、その一つの手段であり、集中管理データベースや、Peer-to-Peer (P2P) ネットワークおよび無線センサネットワークなどの分散環境において、これまでに多くの研究が行われている。アドホックネットワークにおいてもTop-k検索は実用的な検索手段であり、災害地において優先的な救援を必要とする重症患者の検索支援など、様々な状況で効果的に利用できる。そのため、筆者の研究グループでは、これまでにアドホックネットワークにおけるTop-k検索手法を提案した。しかし、既存手法では、ネットワーク内の全ての端末にメッセージを送信して上位k個のデータを検索するため、通信量および遅延が大きく、特に大規模なネットワークにおいて効率的ではない。

そこで、本研究では、アドホックネットワークにおいて、効率的なTop-k検索を実現するためのルーティング手法を提案する。無線で通信を行うアドホックネットワークでは、パケットロスや端末の電力消費を抑制する必要があるため、通信量の削減が重要である。ネットワーク内の全ての端末にメッセージを送信する手法は、このような観点から効率的ではなく、特にパケットロスにより必要なデータを取得できなくなるという問題が生じる。この問題を解決するためには、上位k個のデータを取得するために必要な端末のみで検索を行なうアプローチが有効であり、これを可能とするTop-k検索のためのルーティング手法を実現することにより、通信量を削減しつつ、検索精度を維持することができる。また、ネットワークを構成する端末が自由に移動するモバイルアドホックネットワークでは、ネットワークトポジが動的に変化するため、メッセージの送信経路を静的に管理すると検索精度が低下してしまう。そのため、小さい通信量でメッセージの送信経路を動的に管理することが重要な課題である。また、Top-k検索の検索条件は、アプリケーションが統一している場合（またはデータに対してスコアが一意の場合）、およびユーザが個々に指定できる場合が考えられる。本研究では、これら二つに対する効率的なTop-k検索のためのルーティングについて考えるが、後者の場合、条件によってデータの順位が変わるために、どのような条件においても必要な端末にのみメッセージを送信することを可能とするアプローチが必要である。

本論文は、5章から構成され、各章の内容は次の通りである。まず、第1章では、序論として研究背景と目的について述べる。

第2章では、モバイルアドホックネットワークを想定し、高順位のデータを取得するためにクエリメッセージを転送する必要がある隣接端末を経路表により管理し、この経路表を利用してTop-k検索を行うルーティング手法を提案する。各端末は、検索を要求された順位のデータに対して、その検索先となる隣接端末にのみクエリメッセージを送信することにより、無駄なメッセージの送信を削減する。端末の移動により、経路表で管理している隣接端末との無線リンクが切断された場合には、その端末への経路探索を行なうことにより経路表を修正し、正確なTop-k検索を継続する。提案手法の性能評価のために行ったシミュレーション実験の結果を示し、その有効性について検証する。

第3章では、ネットワークトポジ変化の激しい環境や大規模なネットワークに対応することを目指し、クラスタを用いたTop-k検索のためのルーティング手法を提案する。この手法では、高順位のデータを持つ端末をクラスタヘッドとする1ホップクラスタリングを行う。これにより、上位のデータを持つ端末間でTop-k検索を実現でき、また、各端末はクラスタヘッドのみとの無線リンクを確認すればよいため、トポジ変化に対応しつつ、無駄なメッセージの送信を削減できる。提案手法の性能評価のために行ったシミュレーション実験の結果を示し、その有効性について検証する。

第4章では、静的なアドホックネットワークにおける、多次元データに対するTop-k検索のためのルーティング手法を提案する。このTop-k検索では、ユーザが個々に検索条件を指定するため、データのスコアは検索条件ごとに異なる。提案手法では、データの特性（属性値）を考慮し、まず高順位となりやすいデータを持つ端末をクラスタヘッドにすることにより、第3章の提案手法と同様に、上位となるデータを持つ端末間でのTop-k検索を実現する。また、各端末はクラスタリングの際に、隣接端末が保持する上位k個に含まれる可能性があるデータを把握し、上位k個に含まれるデータを保持していない端末へのクエリメッセージの送信を削減する。さらに、クエリメッセージに、クエリ送信経路上における上位k個のデータの情報を添付することにより、隣接端末以外の情報も取得し、クエリメッセージの無駄な転送をさらに削減できる。提案手法の性能評価のために行ったシミュレーション実験の結果を示し、その有効性について検証する。

最後に第5章では、本論文の成果を要約し、今後の研究課題について述べ、本論文のまとめとする。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏名(天方大地)		氏名
論文審査担当者	主査	(職)教授
	副査	教授
	副査	准教授
	副査	准教授
	西尾 章治郎	
	鬼塚 真	
	藤原 融	
	薦田 憲久	
	下條 真司	
	原 隆浩	
	前川 卓也	

### 論文審査の結果の要旨

近年、無線通信技術および機器の発展により、基地局を介さず、端末間のみの自律的な通信によって構成されるアドホックネットワークの関心が高まっており、災害地域における救援支援などへの応用が期待されている。このようなアドホックネットワークの応用では、限られた実環境における資源を、優先度の高いユーザや作業員に分配するようなものが多く、例えば、災害地における救援物資や緊急車両の割当てなどがこれにあたる。このような応用を支援する検索技術として、検索条件に基づいてデータに付与されるスコアからランキングを行い、その上位 $k$ 個のデータを取得するTop- $k$ 検索がある。アドホックネットワークでは、通信帯域に限りがあるため、Top- $k$ 検索においても通信量を削減する必要があり、また、ネットワークを構成する端末が自由に移動する場合、ネットワークトポロジの変化にも対応する必要がある。さらに、Top- $k$ 検索では、検索を行うユーザごとに検索条件が異なる場合も考えられる。本論文は、これらの課題のそれぞれについて考慮し、アドホックネットワークにおいて、通信量および遅延が小さいTop- $k$ 検索を実行できるルーティング技術の実現を目指している。本論文の主要な研究成果を要約すると次の通りである。

- (1) 端末が自由に移動するモバイルアドホックネットワークにおいて、経路表を用いたTop- $k$ 検索のためのルーティング手法を提案している。この手法では、Top- $k$ 検索のための経路表を考案しており、上位 $k$ 個のデータを取得するためにメッセージを転送する必要がある隣接端末を経路表を用いて管理し、その経路表に基づいて検索を行う。そのため、検索に必要な端末のみでTop- $k$ 検索を実行できる。
- (2) モバイルアドホックネットワークでは、端末が自由に移動することによるネットワークトポロジの変化に対応することや、端末数が多い場合においても帯域を枯渇させないことが求められる。そこで、そのような環境においても効率的にTop- $k$ 検索を実行できるためのルーティング手法を提案している。提案手法では、モバイルアドホックネットワークにおけるTop- $k$ 検索に特化したクラスタリングを考案しており、このクラスタリングによって構築されたクラスタ構造を利用して、検索に必要な端末にのみメッセージを送信する。
- (3) 検索を行うユーザごとに検索条件が異なる場合、多様に検索条件が指定されることが考えられ、そのような環境においても効率的にTop- $k$ 検索を行うためのルーティング手法を提案している。提案手法は、端末が保持しているデータの特性を基にクラスタリングを行い、隣接端末が持つデータを考慮して、上位 $k$ 個のデータを取得するために必要な端末にメッセージを送信する。

以上のように、本論文はアドホックネットワークにおけるTop- $k$ 検索のためのルーティング手法に関する先駆的な研究として、情報科学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士（情報科学）の学位論文として価値のあるものと認める。