

論文内容要旨 (和文)

2018年度入学 大学院博士後期課程

電子情報工学 専攻

氏 名 逸見 健太



論 文 題 目 ネットワーク状況に適応したDTNルーティングプロトコル

近年、遅延耐性ネットワーク(DTN)と呼ばれる研究が注目を集めている。DTNでは、経路が不確定であるネットワーク環境においても、Store Carry Forwardによって通信することが出来る。送信するメッセージを保持する端末は一定期間ストレージに保持し、宛先以外とすれ違った場合にもメッセージを複製する事で、そのメッセージを保持する端末を増やし、メッセージを持つ端末の何れかが宛先とすれ違えばメッセージを届けることが出来る。この際に、メッセージを複製するかどうか判断するのがDTNルーティングプロトコルであり、ルーティングプロトコルのアルゴリズムによって、宛先にメッセージが届けられるか否か、また届いた場合の宛先到達までの平均複製回数が大きく異なってくる。DTNはバッテリー駆動の端末を想定している事が多いため、少ない複製回数で宛先までの到達確率を高める事が重要である。本論文では、その目標を達成するためにネットワーク状況から適応的に複製を判断する2つのDTNルーティングプロトコルを提案する。提案手法1は大きく分けて2つの機能を持つ。1つ目の機能はストレージの空き容量が少ない場合はメッセージの複製回数に制限を設け、逆に空き容量が十分にある場合は複製回数に制限なく積極的に複製を行う。2つ目の機能は宛先への到達確率が高いと推測される自分よりもすれ違った端末数が多い端末に複製を行う複製先の選択である。提案手法2は提案手法1をベースに改良し、複製先のストレージの空き容量が少ない場合に強化学習を用いたDTNルーティングプロトコルで複製する。提案手法1は複製先を選択するために、すれ違ったノードの数だけを指標として判断していた。しかし、他のパラメーターも考慮する事で性能が向上する可能性があるため、複数のパラメーターを学習させる事で複製先の選択やメッセージ複製、削除の優先順序を決める。これらの提案手法を既存のDTNルーティングプロトコルとシミュレーションを用いて比較することで、提案手法がより少ない複製回数でメッセージ到達率が向上することを示す。また、提案手法や既存手法の適応環境についても議論する。

本論文の構成は以下のようになる。第1章では、研究の背景、研究の目的、および論文の概要について説明する。第2章では、DTNの概要を述べる。具体的には、DTNの研究が始まった経緯とDTNを実現するためのコア技術であるバンドル層とStore Carry Forwardを解説し、その後DTNの利用例について述べる。第3章では、本研究の関連研究であるDTNルーティングプロトコルに関して、代表的な手法の概要を述べる。また、既存DTNルーティングプロトコルについて、機能別に定性的比較を行い、問題点を示す。第4章では、既存のDTNルーティングプロトコルの問題点を改善するために、ネットワークの状況により適応的に複製等を判断するDTNルーティングプロトコルを提案する(提案手法1)。提案手法1の機能であるストレージ状況判断と複製先の選択に関して詳述し、提案手法1と既存のDTNルーティングプロトコルの性能比較を行う。その結果として提案手法

1は既存のDTNルーティングプロトコルよりも少ない複製回数でメッセージ到達率が向上することを示す。しかし、更に性能を改善するために課題であるネットワークの状況进行判断するパラメーターが少ない問題について述べる。第5章では、提案手法1を改善するために、強化学習によってネットワーク状況を適応的に学习するプロトコルを提案する（提案手法2）。提案手法2は、提案手法1のように複製先のストレージ状況に応じて複製するプロトコルを切り替える。複製先のストレージの空き容量が多い場合は無制限に複製を行うが、空き容量が少ない場合は先行研究で強化学習を用いたDTNルーティングプロトコルであるCARLの問題点を改良したプロトコルで複製する。また、CARLをベースにする事により、提案手法1の問題点であるネットワークの状況进行判断するために考慮するパラメーターが少ない点を改善する。更に、CARLの問題点であるメッセージを複製するタイミングの改善を行う。最後に、提案手法2を先行研究と比較する。シミュレーションにより評価した結果、ストレージ溢れが発生しやすい環境で提案手法2は既存手法と比較し、メッセージ到達率が最大約12%向上することを確認した。第6章は結論と今後の課題について述べる。本章では、本論文の内容をまとめ、今後の研究の方向性とその取り組みについて述べる。

論文内容要旨 (英文)

2018年度入学 大学院博士後期課程

電子情報工学 専攻

氏 名 逸見 健太



論 文 題 目 DTN routing protocol adapted to network conditions

In recent years, research on delay tolerant networks (DTNs) has attracted much attention. In DTNs, a node that holds messages to be sent stores the messages in storage for a certain period of time and replicates the messages even if it passes other nodes than the destination node. The message can be delivered when any node with the message passes the destination node. Like this, it is the DTN routing protocol that decides whether to replicate a message. Since DTN is often intended for battery-powered nodes, it is important to increase the probability of reaching the destination node with a small number of replications. In this paper, we propose two DTN routing protocols that adaptively determine replication based on network conditions to achieve this goal. Proposed method 1 has two functions. The first function limits the number of times a message can be replicated when storage space is low. If there is enough free storage space, the number of replicas is unlimited. The second function is the selection of a replication node, which replicates the messages to a node that has passed more nodes than itself. Proposed method 2 is based on proposed method 1 and improves it by using a DTN routing protocol with reinforcement learning when the storage space at the replication node is limited. In the proposed method 1, only the number of nodes that have passed each other is used as an indicator to select a replication node. However, since performance could be improved by considering other parameters as well, multiple parameters are learned to select the replication node and the priority order of message replication and deletion. Simulation results showed that the proposed method 2 improves the message delivery ratio by up to about 12% while reducing the number of replications compared to existing methods in an environment where storage overflow is likely to occur.

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

令和5年2月2日

理工学研究科長 殿

課程博士論文審査委員会

主査 小山 明夫

副査 野本 弘平

副査 安田 宗樹



学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

記

論文申請者	専攻名 電子情報工学専攻	氏名 逸見 健太
論文題目	ネットワーク状況に適応した DTN ルーティングプロトコル	
学位論文審査結果	合格	論文審査年月日 令和5年1月25日～ 令和5年2月1日
論文公聴会	令和5年2月1日	場所 工学部7号館301教室
最終試験結果	合格	最終試験年月日 令和5年2月1日
学位論文の審査結果の要旨 (1,000字程度)		
DTNはStore Carry Forwardと呼ばれる方式により、災害時に通信インフラが破壊されたような劣悪な通信環境にも対応しているネットワークである。この方式は、端末と通信可能になるまで届けたいメッセージをストレージに保管 (Store) し、移動によりメッセージを運搬 (Carry) し、端末とすれ違った時にメッセージを送信 (Forward) する。宛先以外の端末とすれ違った際にも積極的にメッセージを複製することで、ネットワーク上にメッセージを所持する端末を増やし、いずれかの端末が宛先とすれ違えば宛先にメッセージが届くことになる。端末とすれ違った際に、どの端末にメッセージを複製するか否かを判断するのが DTN ルーティングプロトコルであるが、この判断方法によってメッセージの到達率が変わるため、少ない複製回数 (オーバーヘッド) で到達率をできるだけ高くする判断方法を考える必要がある。本論文では、この目標を達成するためにネットワーク状況から適応的に複製を判断する2つのDTNルーティングプロトコルを提案している。1つ目の提案手法では、ストレージの空き容量、宛先への到達確率、端末の移動性を考慮した複製手法を提案している。2つ目の提案手法は強化学習を用いた手法である。1つ目の提案手法では、考慮するパラメータが少なかつたため思うような性能が出せなかった。2つ目の提案手法では、複数のパラメータを学習させる事で複製先の選択や複製数の動的設定ができ、さらにメッセージ複製や削除の優先順序および複製するタイミングを決めることができる。これらの提案手法を既存のDTNルーティングプロトコルとシミュレーションを用いて比較することで、提案手法がより少ない複製回数でメッセージ到達率を約16%向上できることを示している。 本論文は6章から構成されている。第1章は本論文の序論で、研究背景や研究目的について述べている。第2章ではDTNの基礎的な技術や利用例などについて概説している。第3章では、関連研究として代表的なDTNルーティングプロトコルについて解説し、それらのプロトコルを評価し問題点を指摘している。第4章では、関連研究の問題点を解決する手法として1つ目の提案手法 (提案手法1) について詳細に述べている。また、その性能を関連研究と比較して提案手法1の優位性を示している。さらに、提案手法1の問題点についても考察している。第5章では、提案手法1の問題点をさらに改善するために強化学習を用いた2つ目の提案手法 (提案手法2) について詳細に説明し、評価実験を行い提案手法2の優位性を示している。また、2つの提案手法の適用環境についても考察している。第6章は本論文の結論で、本論文のまとめと今後の展望について述べている。 以上、本研究の新規性・有効性は、ネットワーク状況から適応的に複製を判断するのに、機械学習の一手法である強化学習を用いて複数のパラメータを学習させる事で複製先の選択や複製数の動的設定、メッセージ複製や削除の優先順序および複製するタイミングを最適化した手法を考案しているところである。さらに提案手法を多数の従来手法と比較して有効性を検証していることなど本研究分野への貢献は多大であると判断できる。また、本論文は、博士論文の4つの審査基準である、研究テーマに新規性・独自性があること、博士論文の内容として自ら研究を計画・遂行するための専門的知識を基に、研究背景・目的が正しく述べられていること、学位論文の構成が適切で、体裁が整っていること、学位論文の記述が論理的で、設定した研究テーマに沿った明確な結論が述べられていることを満たしていることを確認した。以上を総合的に判断し、合格と判定した。 なお、本論文は、研究倫理又は利益相反等に係る学内規則に基づく手続きは必要ありません。		
最終試験の結果の要旨		
最終試験は、公聴会実施後に学位論文の内容を中心として、専門知識や関連知識について口頭で行った。その結果、学位論文の内容および専門知識、関連知識の理解度は十分あり、博士として必要とされる知識と能力は十分あると判断できた。 以上の最終試験の結果、合格と判定した。		