

利己的ノードを考慮した 遅延耐性ネットワークシステムの性能評価

三賀本 直也[†]三浦 智裕[†]宇都宮 陽一[†]奥田 隆史[†]愛知県立大学 情報科学部 情報科学科[†]

1 はじめに

近年、遅延耐性ネットワーク (DTN: Delay Tolerant Network) が注目されている [1]. DTN は深刻な通信遅延もしくは通信途絶を許容するという特徴を持ち、基盤技術として蓄積運搬形転送 (SCF: Store Carry Forward) 技術を用いる [2][3]. ここで、SCF を実現するためには、中継ノードが移動体で、かつ無線通信機能とストレージ機能を有することによって、メッセージの交換、蓄積、運搬を可能とする必要がある. この中継ノードには人、動物といったさまざまな移動体が利用可能である.

SCF を実現する方法として、モバイル端末とその利用者であるユーザを活用することが注目されている. モバイル端末は無線通信機能とストレージ機能を有し、ユーザは移動体であることから中継ノードに適する. さらに、モバイル端末を用いることで DTN システムを構築するための特別なリソースを必要とせず、平時だけでなく非常時にも利用可能な DTN システムを構築することが可能である.

しかしながら、このような DTN システムを活用していくためには、モバイル端末を所持するユーザの利己的行動がシステムの性能に与える影響についてあらかじめ検証する必要がある. このユーザの利己的行動は大別すると二種類ある. 一つは Individual Selfishness と呼ばれる通信を拒否する行動である. もう一つは Social Selfishness と呼ばれる通信相手を選ぶという行動である. このような利己的行動が DTN の一部の通信を制限し、DTN システムの性能に影響を与える. そこで、本研究ではユーザの利己的行動を考慮した DTN システムの性能評価をおこなう. 以下で、まず 2 節で想定する DTN システムについて述べる. 次に 3 節でユーザの利己的行動とそのモデル化について、4 章で数値例を示し、5 章で性能評価の結果を示し、考察を行う. 最後に 6 節ではまとめと今後の課題について述べる.

2 想定する DTN システム

本研究で想定する DTN システムを図 1 に示す. 想定する DTN システムには複数のユーザが存在し、ユーザ同士は社会的関係性をもつものとする. また、各ユーザは 1 台のモバイル端末を有し、常に物理的な移動とモバイル端末を用いた無線通信をおこなっているものとする. 全ユーザのモバイル端末は同一性能の無線通

信機能、ストレージ機能、バッテリーがあるものとし、各ユーザはモバイル端末のストレージ残量、バッテリー残量を把握しているものとする.

さらに、全ユーザは次のような行動者となる可能性がある.

- 発信者: メッセージを特定の宛先 (最終受信者) に向けて送信する者.
- 最終受信者: メッセージを最終的に受信する者.
- 中継者: メッセージの中継をおこなうためにメッセージを受信し、周囲のユーザに送信する者. メッセージを受信する際にモバイル端末のストレージ残量とバッテリー残量、社会的関係性にもとづいて受信を拒否するという利己的行動をとる可能性があるものとする.

想定する DTN システムでは、これらのユーザとユーザが所持するモバイル端末によりネットワークのトポロジーが動的に変化する DTN を構築する. DTN の中継転送方式には通信が可能となったノード同士が必ず通信を行う感染形情報転送方式を用いる.

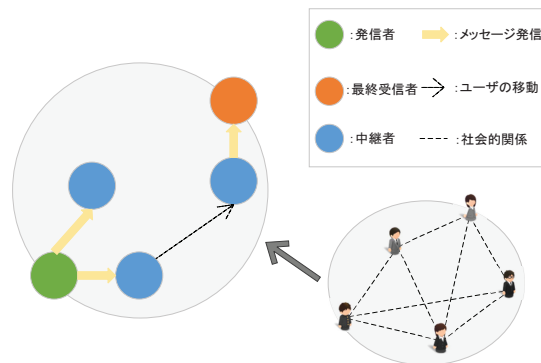


図 1 想定環境

3 ユーザエージェントの利己的行動

3.1 利己的行動の種類

本研究では、ユーザ $U_i (i = 1 \dots N)$ の利己的行動として **Individual Selfishness** (個人利己的行動) と **Social Selfishness** (社会利己的行動) があるものとする [4][5]. 以下に、各利己的行動について述べる.

個人利己的行動: モバイル端末のリソース (ストレージ量とバッテリー量) が限られていることを考慮して、通信を行う際の通信要求を U_i が意図的に拒否する行動である. ここでは、リソースの残量に対して U_i が評価する通信に対する損失が個人利己的行動をとる基準値 I_i を超えた場合に U_i は個人利己的行動をとる.

社会利己的行動: 個人利己的行動をとる U_i が社会的関係性のある通信要求に対しては寛容的となる利己的行動である. ここでは、 U_i が通信相手と社会的関係性を持つとき、個人利己的行動をとる基準値を U_i から S_i まで緩和させる.

Evaluating Selfishness Impact on Delay Tolerant Network System

[†]Naoya MIKAMOTO, Tomohiro MIURA, Yoichi UT-SUNOMIYA, Takashi OKUDA

[†]Department of Information Science and Technology, Faculty of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

3.2 利己的行動の意思決定モデル

本研究では、 U_i の通信に対する拒否感を拒否度 $r_i(t)$ として表し $r_i(t)$ と I_i , S_i により U_i が通信を許容もしくは拒否するか決定する。本研究では、 $r_i(t)$ は価値関数にもとづき

$$r_i(t) = -l \cdot (-tl_i(t))^\beta \quad (tl_i(t) < 0) \quad (1)$$

とする [6]。また、総損失度 $tl_i(t)$ は

$$tl_i(t) = sl_i(t) + bl_i(t) \quad (2)$$

とする。ここで、ストレージの損失度 $sl_i(t)$ は

$$sl_i(t) = \frac{\{rs_i(t) - sc_i(t)\} - rs_i(0)}{rs_i(0)} \quad (3)$$

であり、バッテリーの損失度 $bl_i(t)$ は

$$bl_i(t) = \frac{\{rb_i(t) - bc_i(t)\} - rb_i(0)}{rb_i(0)} \quad (4)$$

である。なお、 $rs_i(0)$ と $rb_i(0)$ はそれぞれ初期状態 ($t = 0$) におけるストレージ量とバッテリー量であり、 $rs_i(t)$ と $rb_i(t)$ はそれぞれ時刻 t におけるストレージ残量とバッテリー残量である。また、 $sc_i(t)$ と $bc_i(t)$ は時刻 t において U_i がおこなう通信に必要となるストレージ量とバッテリー量である。

4 数値例

本研究では、各ユーザ U_i に与える個人利己的行動の基準値 I_i と社会利己的行動の基準値 S_i を変化させた場合の DTN システムの性能評価を行う。

ここで、性能評価には、メッセージが発信者から最終受信者まで伝送されるのに必要とした時間をあらわす情報伝送遅延時間を用いる。

環境およびユーザエージェントの属性に関するパラメータを表 1 に示す [7]。なお、2 節で示した U_i 同士の社会的関係性を表すモデルとしてスモールワールドネットワークを用い [8], U_i の移動モデルとして Random Waypoint を用いる [9]。また、3 節の $r_i(t)$ における β を 0.54, l を 1 とする [10]。 U_i のメッセージの発信はメッセージ平均発信率 λ_i のポアソン分布に従う。さらに、シミュレータにはマルチエージェントシミュレータ artisoc を用い [11], シミュレーション結果は 50 回の平均とする。

表 1 パラメータ

項目	記号	数値
ネットワーク規模	Env	$500 \times 500[m^2]$
ユーザ数	N	10 ~ 50[人]
平均メッセージ発信率	λ_i	3/h
移動速度	$s_i(t)$	1 ~ 2[m/秒]
通信範囲	cr_i	50[m]
初期ストレージ量	$rs_i(0)$	100[Mb]
初期バッテリー量	$rb_i(0)$	10000[mW]
通信にかかるストレージ量	$sc_i(t)$	1[Mb]
通信にかかるバッテリー量	$bc_i(t)$	100[mW]

5 DTN システムの性能評価

本節での各ユーザに与える個人利己的行動の基準値と社会利己的行動の基準値に関する条件を表 2 に示す。さらに、case1 ~ 3 における情報伝送遅延時間のシミュ

表 2 本節における条件

Case Number	Case1	Case2	Case3
個人利己的行動の基準値 I_i	0 ~ 1/3	1/3 ~ 2/3	2/3 ~ 1
社会利己的行動の基準値 S_i	1.5	1.5	1.5

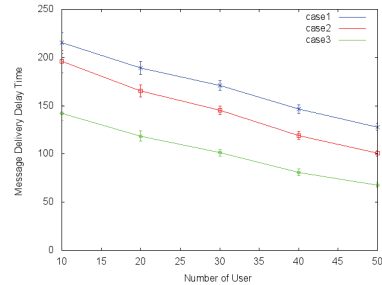


図 2 情報伝送遅延時間 (RW)

レーション結果を図 2 に示す。図 2 から、個人利己的行動をとる基準が情報伝送遅延時間に影響を与えていることが判明した。また、ユーザが増加するにつれて情報伝送遅延時間が低下するという結果が得られた。

6 おわりに

本研究では、ユーザの利己的行動が DTN システムの性能に与える影響を検証するとともに DTN システムの性能評価をおこなった。その結果、ユーザの個人利己的行動とユーザの数が情報伝送遅延時間に影響を与えるという結果を得た。

今後の課題としては、個人利己的行動を抑制するようなインセンティブをユーザに与える機能を内包した DTN システムを提案することなどが挙げられる。

参考文献

[1]Kevin Fall, "A Delay-Tolerant Network Architecture for Challenged Internets", SIGCOMM '03: Proceedings of the 2003 conference on Applications, technologies, architectures, and protocols for computer communications, pp.27-34, 2003. [2] 鶴ほか, "DTN 技術の現状と展望", IEICE Communications Society Magazine, vol.2011, no.16, pp.57~68, 2011. [3] 柳生, "遅延・切断耐性ネットワーク (DTN) とその応用への課題", 電子通信情報学会技術研究報告 IN, vol.112, no.88, pp.19-24, 2012. [4]Y.Wu, S.Deng, H.Huang, Y.Deng, "Performance Analysis of Epidemic Routing in DTN with Overlapping Communities and Selfish Nodes", International Journal of Computers, Communications and Control, vol.8, no.5, pp.744-753, 2013. [5]Yong Li, Pan Hui, Depeng Jin, Li Su, Lieguang Zeng, "Evaluating the Impact of Social Selfishness on the Epidemic Routing in Delay Tolerant Networks", IEEE Communications Letter, vol.14, no.11, pp.1026-1028, 2010. [6] 真壁, 『実践! 行動ファイナンス入門』, アスキー新書, 2008. [7] 通坂ほか, "IEEE802.11 マルチホップを用いた干渉を考慮したデータ送信時の消費電力解析", 電子通信情報学会技術研究報告 NS, vol.112, No.463, pp.19-24, 2013. [8] 増田, 『複雑ネットワークの科学』, 産業図書, 2005. [9]Tranc Camp, Jeff Boleng, Vanessa Davies, "A Survey of Mobility Models for Ad Hoc Network Research", Wireless Communication & Mobile Computing:Special issue on Mobile Ad Hoc Network:Research, Trends and Applications, vol.2, no.5, pp.483-502, 2002. [10] 鎌田, "閾数形が特定化された累積プロセス理論とリスク下の選択", NUCB journal of economics and information science, vol.50, no.2, pp.219-236, 2006. [11](株) 構造計画研究所, <http://www.kke.co.jp/>. [12] 三浦ほか, "利己的ノードを考慮した遅延耐性ネットワークシステムの性能評価に関する研究", 電子情報通信学会技術研究報告 IN, 2015 年 1 月 (発表予定).