

# ユーザの社会的行動を利用した DTN システムに関する研究

情報科学科 情報システムコース 三賀本 直也 指導教員：奥田 隆史

## 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]. SCF 技術とは、無線通信機能とストレージ機能を持ち、さらに移動体である中継ノードを利用することで、メッセージ (情報) を蓄積、運搬、転送していく技術である. SCF を実装するためには、移動体であり、無線通信機能とストレージ機能を持った中継ノードが必要となる. そこで、中継ノードとしてモバイル端末を所持するユーザ (以降、中継ユーザと呼ぶ) を活用する SCF の方式がある. 中継ユーザは SCF における中継ノードに必要な上記の機能を持っているため、SCF の実装方式に適している.

中継ユーザを用いる DTN システムにおいて、メッセージを広範囲に伝播させるためには、システム内のユーザはメッセージの送受信を複数回こなす必要がある. しかしながら、ユーザがメッセージの送受信をおこなうとモバイル端末のバッテリー量、ストレージ量が減少するなどの通信による損失が発生する. そのため、ユーザの中にはそのような損失を嫌ってメッセージの送受信を拒否するユーザが存在する可能性がある. また、ユーザが「悪意のあるユーザとの通信でウイルスに感染してしまうのではないか」などの通信に対する危険性を考慮した場合、そのユーザは社会的関係性が無く、信頼できない相手との通信を拒否する. ここで、社会的関係性とは家族関係、友人関係などの人間関係のことを指す. 本研究では、このユーザがモバイル端末のバッテリー量、ストレージ量の減少を嫌う、または相手を信頼しないことで通信を拒否する行動のことを社会的行動と呼ぶ.

そこで本研究では、社会的行動が DTN システムにどのような影響を与えるのか検証するために、ユーザの社会的行動を考慮した DTN システムの性能評価をおこなう.

## 2 想定する DTN システム

本研究で想定する DTN システムの環境を図 1 に示す. 本研究では、このような想定環境の DTN システムをエージェントベースモデリングによって表現し、性能評価を行う [3].

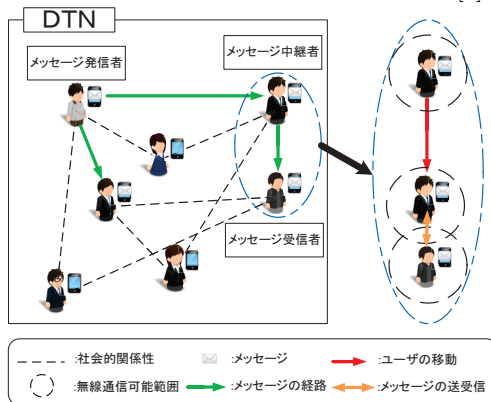


図 1 想定する DTN システム

**DTN システムの環境:** 想定する DTN システムの環境として、広さ  $Env(L \times M[m])$  の二次元平面の空間内に  $N[人]$  のユーザ  $U_i (i = 1, 2, \dots, N)$  が存在する地域を想定する.

**環境内に存在するユーザ:** 環境内に存在するユーザ  $U_i$  は時刻  $t$  において 6 つの要素を持っている. 6 つの要素とは ① 他のユーザとの社会的関係性, ② 現在位置, ③ 移動, ④ モバイル端末, ⑤ メッセージ生成率, ⑥ 社会的行動である.

① **他のユーザとの社会的関係性:** ユーザ  $U_i$  と他のユーザ  $U_j (i \neq j)$  と社会的関係性を持つものとする. この社会的関係性はソーシャルワールドネットワークによって表現する [4].

② **現在位置:** ユーザ  $U_i$  の時刻  $t$  における現在位置はユーザ  $U_i$  の初期位置と時刻  $t$  までの移動によって決定される.

③ **移動:** ユーザ  $U_i$  の時刻  $t$  での移動は移動速度  $v_i(t)$  と移動方向  $d_i(t)$  によって決定される. ユーザ  $U_i$  の  $v_i(t)$  と  $d_i(t)$  を決定する移動モデルには Random Waypoint を用いる.

④ **モバイル端末:** ユーザ  $U_i$  のモバイル端末には DTN を構築するためのアプリケーションが実装されているものとする. また、ユーザ  $U_i$  の所持するモバイル端末の機能として同一の無線通信機能、ストレージ機能、バッテリーがある. ユーザ  $U_i$  は時刻  $t$  におけるモバイル端末のバッテリー残量  $b_i(t)$  とストレージ残量

$s_i(t)$  を把握しているものとする. そして、所持しているモバイル端末の無線通信可能範囲内に他のユーザ  $U_k (i \neq k)$  がいた場合に通信をおこなう.

⑤ **メッセージ生成率:** ユーザ  $U_i$  はメッセージ生成率  $\lambda_i$  のポアソン分布に従って他のユーザ  $U_l (i \neq l)$  へのメッセージを生成し、発信する. さらに、ユーザ  $U_i$  はメッセージの発信者のほかに、メッセージのあて先である最終受信者、メッセージの中継者となる可能性がある.

⑥ **社会的行動:** 本研究では、ユーザ  $U_i$  の社会的行動として利己的行動と一般的信頼があるものとする. ここで、利己的行動とは所持するモバイル端末のバッテリー残量、ストレージ残量がしきい値よりも少なくなった場合、メッセージの生成は行わが、社会的関係性のない相手とのメッセージの送受信は行わない行動のことである. また、一般的信頼とは DTN システムにおいてユーザ  $U_i$  が社会的関係性のない相手を信頼せず、通信を拒否する行動のことである.

## 3 数値例

本研究では、一般的信頼により社会的関係性がない相手を信頼する (通信を行う) 確率を変化させた場合と、利己的行動の考慮の有無を変化させた場合において、DTN システムの性能がどのように変化するのかを検証する. 性能評価には、評価値として、発信されたメッセージが発信者から最終受信者まで伝送される確率をあらわす情報伝送率 (Message Delivery Rate) を用いる. 環境およびユーザ  $U_i$  の属性に関するパラメータを表 1 に示す. 開発環境にはマルチエージェントシミュレータ artisoc を用いる [6].

表 1 環境およびユーザ  $U_i$  の属性

項目	記号	数値
ネットワーク規模	$Env$	$500 \times 500[m^2]$
ユーザ数	$N$	$10 \sim 50[人]$
移動速度	$v_i(t)$	$1 \sim 2[m/秒]$
通信範囲	$cr_i$	$100[m]$
初期バッテリー量	$b_i(0)$	$9620[mW]$
初期ストレージ量	$s_i(0)$	$64[GB]$
通信にかかるバッテリー量	$bc_i(t)$	$3[W]$
通信にかかるストレージ量	$sc_i(t)$	$10 \sim 150[KB]$
メッセージ生成率	$\lambda_i$	$3/h$

一般的信頼により相手を信頼する確率  $m$  を  $0.1 \sim 1.0$  まで  $0.1$  ずつ変化させたときの情報伝送率の変化を図 2, 図 3 に示す. ここで、利己的行動を考慮した場合を図 2 に示し、利己的行動を考慮しない場合を図 3 に示す.

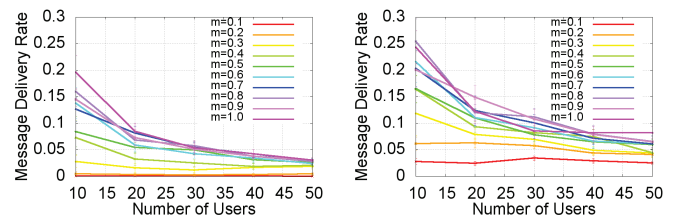


図 2 情報伝送率 (利己的行動有) 図 3 情報伝送率 (利己的行動無)

図 2 と図 3 から、一般的信頼が  $0.6$  以上のときは情報伝送率に大きな変化は無く、また  $0.2$  以下のときは情報伝送率が大きく低下することが示された. また、社会的行動を考慮した場合でもユーザ数が少ないほうがメッセージ伝送率は高いため、少ないユーザで DTN システムを構築することで情報伝送率を向上させることができると考えられる.

## 4 まとめ

本研究では、社会的行動が DTN システムに与える影響を評価した. その結果、社会的行動、ユーザの人数が DTN システムの情報伝送率に影響を与えるという結果が示された. 今後の課題としては、新たなルーティング手法を導入した DTN システムの評価などがあげられる.

## 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] 鶴他, "DTN 技術の現状と展望", IEICE Communications Society Magazine, vol. 2011, no. 16, pp. 57-68, 2011. [3] 山影他, 『コンピュータの中の人口社会』, 構造計画研究所, 2002. [4] 増田他, 『複雑ネットワークの科学』, 産業図書, 2005. [5] 山岸, 『信頼の構造: ところと社会の進化ゲーム』, 東大学出版社, 1998. [6] (株) 構造計画研究所, <http://www.kke.co.jp/>, 2015 閲覧.