

DTN 環境における端末の電力消費を考慮した 通信プロトコルの提案と評価

金田 知展[†] 中村 嘉隆[†] 高橋 修[†]

公立はこだて未来大学 システム情報科学部[†]

1. はじめに

広域災害発生時には既存のインフラの広範囲における破壊が想定される。通信インフラが使用不可となった際の情報通信手法として、遅延耐性ネットワーク (DTN: Delay Tolerant Network) が注目されている。DTN は中継端末のバッファに複製データを蓄積し転送する蓄積運搬転送技術により、大きな遅延やネットワーク変動が大きい環境下でも通信を可能としている。この技術により DTN ではインフラレスな状況下においても端末間のデータ転送を可能とするが、転送の際にはバッファやバッテリーなど端末の資源を使用するためバッテリー残量がなくなった場合、それ以降は他端末との通信が不可能となる。そこで本研究では、ネットワークを長時間持続させるために適用するネットワーク内の全ての端末のバッテリー残量が均等になることを目標とし、各端末のバッテリー残量を考慮してデータの転送先を動的に選択するルーティングプロトコルを提案し、シミュレーションによりその有効性を評価する。

2. 関連研究

広域災害発生時には、通信インフラが機能しないため各地の避難所は外部との連絡が困難になるという状況が想定される。このような状況下でも情報の共有を可能にする手法としてメッセージフェリー方式[1]がある。メッセージフェリー方式ではフェリーノードと呼ばれる、情報を収集し集団 (クラスタ) 間を移動する端末にクラスタ間のデータ運搬をさせることによって情報共有を可能とする (図 1)。避難所をクラスタとみなして、避難所間を移動する端末を用意することで避難所間でも情報共有が可能となる。

DTN のルーティングプロトコルの代表的なものとして Epidemic-routing[2]がある。Epidemic-routing は、データを保持する端末が近隣の通信可能な全ての端末へデータを転送するプロトコルである。データ到達率が非常に高いというメリットがあるが、バッファやバッテリーといった資源を大量に使用するというデメリットもある。一般に、メッセージの到達率や転送遅延とバッファやバッテリーといった通信資源の消費はトレードオフの関係になる。

また、アドホックネットワークでのネットワークを構成する端末の消費電力に関する文献[3]では、通信による消費電力やアイドル時の消費電力を方程式でモデル化している。また、移動端末の主な

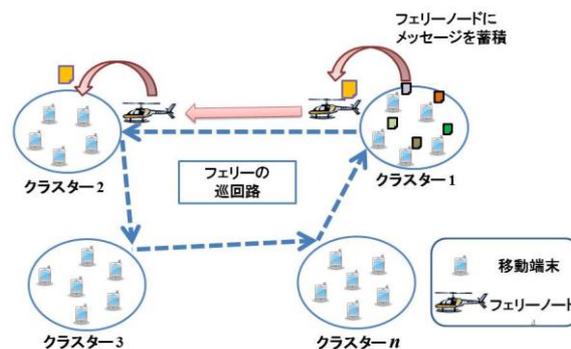


図 1. メッセージフェリー方式

電力消費は他端末へのデータ転送によるものであるが、CPU による処理やメモリへのアクセスによっても電力は消費される。DTN の通信プロトコルにおける消費電力が通信に与える影響を示した文献[4]では、近隣の端末を探索する際に数秒間の発信、もしくは近隣の端末が見つかるまでの発信を行うため、DTN の通信プロトコルにおいて最も電力が消費されるのはデータの送受信ではなく、近隣の端末の探索であることを示している。

アドホックネットワークにおける消費電力を考慮したルーティング方式を提案している文献[5]では送信元から宛先までのルートを、中継する端末のバッテリー残量を考慮して決定することでネットワークを構成する端末の稼働時間を長くしている。アドホックネットワークやセンサーネットワークにおいて消費電力を考慮したルーティング方式はいくつか提案されているが、DTN は宛先までのルートを確立せずに蓄積運搬転送でデータを転送する特徴があり、消費電力を考慮する上でその特徴に合ったルーティング方式の提案が要求される。

3. 提案方式

本研究では、端末のバッテリー残量を考慮してデータの転送先を動的に選択するルーティングプロトコルを提案する。

3.1. 想定環境

本研究では、メッセージフェリー方式を用いて避難所間で安否情報や被災状況などの情報を共有することを想定する。避難所をクラスタと想定してクラスタ間をフェリーノードが移動しており、クラスタ内のノードはフェリーノードにデータを集める。このときクラスタ内のノードの通信について検討する。

3.2. 動作概要

クラスタ内の全ての端末がフェリーノードに向けてデータ転送を行うことはフェリーノードへの

Proposal and evaluation of communication protocol for Delay Tolerant Networking in consideration of device energy consumption

[†]Tomohiro Kaneta [†]Yoshitaka Nakamura [†]Osamu Takahashi
[†]School of Systems Information Science, Future University Hakodate

アクセスが集中するため負荷がかかり非効率的である。そこで、クラスタ内の端末の電力残量を通信に動的に反映させることにより一部の端末に負荷が集中することを避けつつ、フェリーノードとの通信にかかる負荷を軽減させる。以下に具体的な通信手法を示す。

(1)クラスタ内の端末同士の通信

各端末はデータ生成後に自身のバッテリー残量を確認し、閾値を下回っている場合は周囲の端末の探索を行わず、他端末から転送要求が送られるまで待機する。転送要求が送られてきた時のみデータ転送をすることにより、周囲の端末を探索することで生じる電力消費を削減する。閾値を上回っている場合は周囲の端末を探索し、見つかった端末に自身のバッテリー残量情報を付加した転送要求を送信する。転送要求を受信した端末は自身のバッテリー残量と受信したバッテリー残量情報を比較し、残量が少ない端末から多い端末へ送信を行う。

(2)クラスタ内の端末とフェリーノードとの通信

各端末は送信データ数と受信データ数を記録し、受信データ数が送信データ数を一定量上回った時、フェリーノードと通信を行う。また、一度も送受信していない端末についても孤立していることが考えられるためフェリーノードと通信を行う。

4. 評価実験・考察

本研究では、DTN シミュレータ The ONE (The Opportunistic Network Environment simulator) 上に提案方式を実装し、評価を行う。また、周囲の端末の探索やデータの送信、受信、といった動作による電力消費量に関しては、様々な端末が混在することを考慮すると正確にモデル化を行うことは困難であるが、CPU やメモリアクセスによる電力消費を統一して評価をした場合、その結果は一般性に欠ける。よって本研究では、通信の主要な電力消費となる端末の探索とデータの送受信のみを扱い、データ送受信にかかる電力を転送にかかる時間に比例するものとし、周囲の端末の探索にかかる電力を一定とする。これらの電力消費の設定については文献[2]を参考にする。

評価実験として Epidemic-routing と提案方式におけるネットワーク持続時間とフェリーノードへのデータ到達数を測定した。ネットワーク持続時間とはフェリーノードが新たなデータを受信しなくなるまでの時間を意味する。表 1 にシミュレーションパラメータを示す。

表 1.シミュレーションパラメータ

ノード数	101 (台)
データ生成間隔	25~35(秒)
データサイズ	50~150(KB)
通信可能範囲	10(m)
通信速度	2(Mbps)
バッテリー容量	1000~3000
探索による電力消費	9.2
転送による電力消費	0.8

端末はクラスタ内を移動するノード 100 台とフェリーノード 1 台で構成されており、半径 50m のクラスタをフェリーノードが巡回するよう設定した。

データ生成間隔は 25 秒から 35 秒となっており、1 つのデータがいずれかのノードにランダムに生成される。データサイズは 1 つあたり 50~150KB である。クラスタ内の端末のバッテリー容量は 1000 から 3000 の間でランダムに決められる。バッテリー残量の閾値を 420、フェリーノードと通信する条件として、受信データ数 $>0.3 \times$ 送信データ数、という設定をした。表 2 に実験結果を示す。

表 2.実験結果

	Epidemic-routing	提案方式
ネットワーク持続時間	2198(秒)	5335(秒)
宛先へのデータ到達数	50	110

実験結果から、今回のシミュレーション環境では提案方式の方が Epidemic-routing よりネットワーク持続時間が長く、その分多くのデータがフェリーノードに転送されていることがわかる。このことからフェリーノードがより多くのデータを収集するにはクラスタ内の端末のバッテリー残量を均等化することが効果的であると言える。今回の実験では閾値について十分に考察しておらず、データ到達率やネットワーク持続時間といった点から最適値を求める必要がある。また、端末のバッファ容量に関しても考察しておらず、扱うデータのサイズが大きい場合や端末のバッファ容量が少ない場合に通信にどのような影響を与えるか考察する必要がある。

5. おわりに

本研究では、DTN 環境下でのクラスタ内の通信において、全ての端末のバッテリー残量が均等になることを目標とし、各端末のバッテリー残量を考慮してデータの転送先を動的に選択するルーティングプロトコルを提案および評価した。

今後は、端末のバッファ容量やデータサイズ、クラスタ内のノード数が通信に与える影響について考察し実験を行い、さらに閾値の最適化やシミュレーション規模の拡大などを行うことで提案手法のパフォーマンスの向上を図りたいと考えている。

参考文献

[1] W. Zhao, M. Ammar and E. Zegura, "A Message Ferrying Approach for Data Delivery in Sparse Mobile Ad Hoc Networks", proc. MobiHoc 2004, pp.187-198, 2004

[2] A. Vahdat and D. Becker, "Epidemic Routing for Partially-Connected Ad Hoc Networks", Technical Report CS-200006, 2000

[3] L. Feeney and M. Nilsson, "Investigating the Energy Consumption of a Wireless Network Interface in an Ad Hoc Networking Environment", proc. IEEE INFOCOM'01, pp.1548-1557, 2001

[4] D. Silva, A. Costa and J. Macedo, "Energy impact analysis on DTN routing protocols", proc. ACM ExtremeCom'12, 2012

[5] Toh, C.-K., "Maximum Battery Life Routing to Support Ubiquitous Mobile Computing in Wireless Ad Hoc Networks", IEEE Communications Magazine Vol.39, pp.138-147, 2001