

転送リストを用いたフラディング方式の実証実験

Experiment of flooding using forwarding list

板谷 聡子 長谷川 淳 近藤 良久 デイビス ピーター 鈴木 龍太郎 小花 貞夫

Satoko Itaya Jun Hasegawa Yoshihisa Kondo Peter Davis

Ryutaro Suzuki Sadao Obana

1. はじめに

近年、無線 LAN や Bluetooth などの短距離無線技術の急速な発展と普及により、無線デバイスを有する端末のその場限りの即時的な無線通信網（アドホックネットワーク）に関する研究活動が活発であり、様々なアプリケーションの開発が行われている [1]。その中で、車車間通信や路車車間通信などの ITS (Intelligent Transport Systems) へのアドホック無線通信の応用による、安全/安心運転や快適さの向上が期待されている。特に、各車両の位置情報や安全運転支援のための緊急情報などをすばやく共有するために、フラディングを利用したシステムが注目されている [2-6]。本稿では、このようなシステムに適した効率的で信頼性の高い情報伝達が可能な方式として、転送端末リストを用いたフラディングの有効性を検証する。また、本方式を実装し、50 台の端末からなるネットワークにおいて、全端末が 100 ミリ秒間隔でパケットを生成する場合に、重複パケットチェックのみを行うフラディング方式で 90% 以上あったパケット損失率を 20% 以下まで抑えることに成功した。

2. 転送リストを用いたフラディング

本研究では、ネットワークに存在するすべての車両が、定期的にフラディング通信方式を用いて位置情報などを交換したり、急ブレーキ情報などの緊急情報を伝達したりするようなアプリケーションを想定している (図 1)。

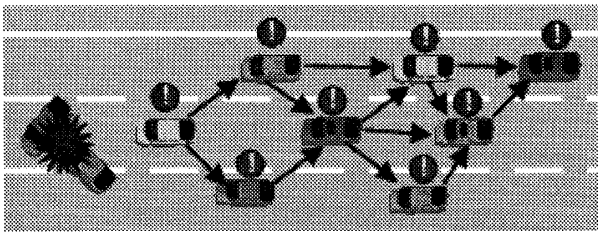


図 1. フラディングを用いた車車間情報共有。

フラディングを使用する場合、無駄なパケット転送による無線帯域圧迫が大きな問題となることが指摘されており、この問題を解決するために多くの研究が行われている [2-4]。この問題は、すべての端末が周期的に情報を発信する場合により顕著に現れ、ネットワークに存在する端末数とパケット生成時間間隔に依存して通信性能が悪化する。しかし、多くの転送パケット数削減方式では、ネットワーク規模が大きくなるにつれ莫大な並列処理が必要となるため、大規模実証実験用の実装として現実的ではない。また、フラディングには再送制御のないブロードキャスト通信を用

いるため、ネットワーク内でのパケット数が最小になるように最適化すると、パケット到達の信頼性が損なわれるという問題がある。そこで、本稿では、高いパケット到達率を維持しつつ、無駄なパケット転送を削減する方法として、転送リストを用いたフラディング (Forwarding list flooding method: FLF 方式) を採用した。

FLF 方式では、各端末が次に転送すべき端末を決定し、そのリストを添付してデータを送信する。パケットを受信した端末は、添付された転送端末リストをチェックし、自分が転送端末として指名されている場合は、転送処理を行う。このとき、受信したパケットに負荷されていた転送リストを、自分が転送を依頼する端末のリストに変更して転送を行う。また、自分が転送端末として指名されていない場合は、パケットの受信処理のみを行い転送処理を行わない。各端末の転送リストは、情報を発信端末から遠ざける方向に伝播させることができるよう作成する必要がある。そこで、他の端末から受信したパケットの転送回数の統計データから、受信パケット統計リストを作成し、誰から受信した情報かに基づいて望ましい転送端末を選別し、送信情報毎の転送端末リストを作成する方式を採用した (図 2)。

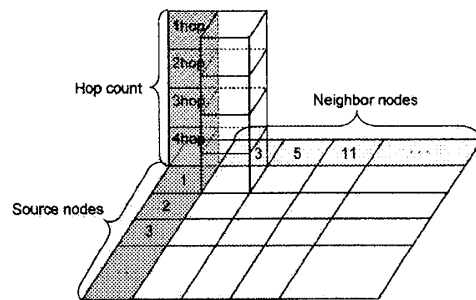


図 2. 受信パケット統計リストイメージ。

具体的には、1 ホップで届かない端末からの情報を転送してくれている端末でありかつ受信した情報の発信端末の 1 ホップ圏内に存在しない端末を優先的に転送端末として指定する。この方法を用いることにより、隣接端末数に応じて確率的にパケットを廃棄する方式や、ランダムに転送端末を決定する方式に比べて、パケット到達率を上げることが可能である。

3. 実証実験

屋内に最も遠い端末間の距離が 2, 3 ホップになるように配置した。各端末はすべてノート PC で、OS は Redhat Linux (kernel version 2.6.9) を使用した。無線 LAN カードには IEEE802.11b 準拠の PLANEX 製 GW-CF11H (Prism

Chip 2.5)と無線 LAN ドライバには orinoco_cs0.15rc2STA を使用した。本研究では、ネットワーク内に存在するすべての端末が一定時間間隔でパケットを生成する場合について実験を行った。まず、ネットワークサイズとパケット生成時間間隔がパケット損失率に与える影響を調べる実験を、重複チェックのみを行うフラディングを用いて実施した(図3)。また、実証実験の目標値として、すべての端末が 100msec でパケットを生成している状況下でパケット損失率を 20%以下に抑えることとした。

ネットワーク内すべての端末がフラディングヘッダを含み 100byte のデータを 1sec, 700msec, 500msec, 250msec, 100msec, 50msec, 20msec で連続的に 2000 パケット生成した場合に、ネットワークに含まれる端末数を 10 台, 30 台, 50 台と変化させて実験を行った。

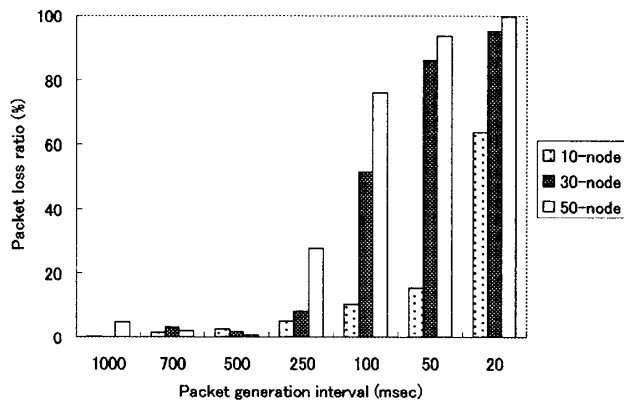


図3. ネットワーク規模とパケット生成時間間隔に依存したパケット損失率。

図3より、重複チェックのみを行うフラディングを使用した場合は、ネットワーク規模が 30 台以上になると、パケット生成時間間隔が 100msec の場合にパケット損失率を 20%以下に抑えることができなくなることがわかる。

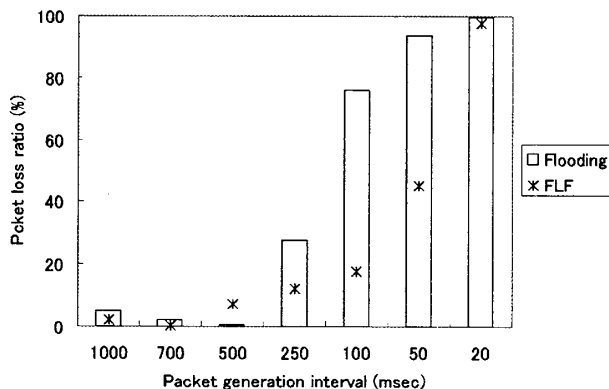


図4. FLF方式の効果。

図4では、50 台の端末を用いた場合のパケット損失率を重複パケットチェックのみを行うフラディング方式と FLF 方式で比較した。先の実験と同様に、ネットワーク内すべての端末がフラディングヘッダを含み 100byte のデータを 1sec, 700msec, 500msec, 250msec, 100msec, 50msec,

20msec で連続的に 2000 パケット生成した場合の実験を行った。本実装では、転送リストのサイズは 100byte のデータ中 5byte となっている。FLF 方式において、転送端末として指定される端末数は 3 とした。棒グラフが重複チェックのみを行うフラディングを用いた実験結果、*印が FLF 方式を用いた実験結果を示している。100msec でパケットが生成される場合に、重複チェックのみを行うフラディングを用いた場合に 90%以上あったパケット損失率を、FLF 方式を用いることにより 20%以下に抑えることができたことがわかった。

4. まとめ

本稿では、中継端末での処理負荷が少なく、大規模なネットワークでも動作可能なフラディング方式として転送リストを用いたフラディング方式 (FLF 方式) の有効性を検証し、実証実験の結果を報告した。具体的には、50 台の端末を含むテストベッドにおいて、全端末が 100msec 間隔でパケットを生成する場合に、重複パケットチェックのみを行うフラディング方式で 90%以上あったパケット損失率を 20%以下まで抑えることに成功した。FLF 方式は、受信情報に対して時間管理などを行わないため、中継端末での処理負荷が少なく、大規模なネットワークでも動作可能である。また、周辺端末から送信される情報を統計的に処理し、送信する情報に応じて次に転送する端末を決定するため、他の端末の位置情報や実際のホップ数などの情報を保持する必要がなく、位置情報が GPS などから取得できない屋内環境やセンサーネットワークなどでも使用が可能である。

謝辞

本研究は情報通信研究機構の研究委託「ユビキタス ITS の研究開発」により実施したものである。

参考文献

- [1] 小菅, 板谷, Davis, 梅田, “アドホックネットワークが開く新しい世界 (後編),”情報処理, Vol. 44, No.11, 2003, pp.1060-1063.
- [2] S. Ni, Y. Tseng, Y. Chen, J. Sheu, “The broadcast Storm Problem in a Mobile Ad Hoc Network”, MOBICOM'99, pp.151-pp.162, August 1999.
- [3] S. Motegi, H. Horiuchi, “Relay control for data dissemination of spontaneous vehicular networks,” International Conference on ITS Telecommunications, pp.1098-1101, 2006.
- [4] 小出, 小菅, 田中, “マルチホップ無線ネットワークにおけるフラディング方式の転送待ち時間に関する検討,” 情報科学技術フォーラム 2003, P341-342.
- [5] S. Itaya, J. Hasegawa, P. Davis, N. Kadowaki, S. Obana, “Wireless Information Sharing in Ubiquitous Environments”, The 7th International Conference on Mobile Data Management (MDM'06), 2006.
- [6] 板谷, 長谷川, 末廣, 近藤, デイビス, 門脇, 小花, “フラディングを用いた車車間情報共有アプリケーション実証実験,”IEICE 総合大会, ABS-1-3, pp.S-5-6, 2007.