

中継無線ノードの移動を用いた 無線マルチホップ配送における移動経路の暫時変更手法

栗原 大樹^{1,a)} 梶垣 博章^{1,b)}

概要：無線マルチホップネットワークでは、互いに隣接する中継移動無線ノード列で構成される無線マルチホップ配送経路に沿ってデータメッセージが配送される。ここでは、各中継移動無線ノードがデータメッセージを順次転送する。移動無線ノードが無線マルチホップ配送経路を構成するためには不十分な程度に疎に分布する場合や、移動無線ノードの分布が地理的に偏っているために無線マルチホップ配送経路を構成することができない場合には、中継移動無線ノードが通信バッファにデータメッセージを保持してデータメッセージの転送が可能となる位置に移動する。このように、データメッセージの転送とデータメッセージを保持した移動との組合せによって無線マルチホップ配送を実現することが可能であるが、単一のデータメッセージではなく複数のデータメッセージを配送する場合には、従来手法では特定の中継移動無線ノードのみが移動するために消費電力が不均衡となることや、データメッセージの転送もデータメッセージを保持した移動もしないままとなる中継移動無線ノードが存在することによってデータメッセージのエンドエンド配送遅延が延長する問題がある。本論文では、位置情報に基づくアドホックルーティングプロトコルを基礎として、転送と保持移動を組合せた無線マルチホップ配送経路を検出するとともに、中継無線ノードの移動範囲を動的に変更する機能を加えることで、中継移動無線ノード間の移動に要する消費電力を均衡化し、データメッセージのエンドエンド配送遅延を短縮する手法を提案する。本手法は、隣接移動無線ノード間で局所的に移動距離を調整しており、広域情報を収集する通信オーバーヘッドを要さない点で優れている。

キーワード：無線マルチホップ配送, DTN (Delay-Tolerant Network), アドホックルーティング, 移動電力消費。

Dynamic Modification of Mobility Route in Wireless Multihop Transmissions with Intermediate Node Mobility

Abstract: In wireless multihop networks, data messages are transmitted along a wireless multihop transmission route consisting of multiple intermediate wireless nodes. Here, data messages are forwarded by each intermediate wireless node. In cases that node distribution density is low or uneven geographically enough to become difficult to consist wireless multihop transmission routes, some intermediate wireless nodes moves holding data messages in their communication buffers until they detect neighbor wireless nodes to improve connectivity of the network. By combination of forwarding and holding of data messages under their transmission, wireless multihop transmission of a single data message becomes possible; however, it is difficult for the conventional methods such as DTN (Delay-Tolerant Network) and Message Ferrying to transmit a sequence of data messages such as streaming data. This is because only limited intermediate wireless nodes move in the conventional methods. Thus, mobility power is consumed unevenly in intermediate wireless nodes and as a result end-to-end transmission delay of data messages becomes longer. This paper proposes a novel method to share the load for mobility dynamically and evenly among multiple intermediate wireless nodes. Here, basically the mobility distance is adjusted between two neighbor intermediate wireless nodes, i.e., no global information exchange overhead is not required; however, the overhead is shared globally evenly among all the intermediate wireless nodes.

Keywords: Wireless Multihop Transmission, DTN (Delay-Tolerant Network), Ad-Hoc Routing, Mobility Power Consumption.

1. はじめに

固定無線基地局による中継を前提とせず、移動無線ノード間で直接のデータメッセージ配送を行なう無線アドホック通信の活用が始まっている。AirDropは、互いに無線信号到達範囲に含まれる隣接無線ノード間で直接ファイルの交換を行なうWiFiアドホックサービスである。スマートフォンやタブレット端末、従来のノート型PCのみならず、車載コンピュータ、サービスロボット等を含む多様な移動無線コンピュータ間の通信が無線アドホック通信を活用して実現されることにより、固定無線基地局の設置、維持管理のコストを低減し、柔軟な無線コンピュータネットワークを活用した多様なアプリケーションが普及することが期待される。

移動無線ノードから構成される無線マルチホップネットワークでは、無線ノードの移動によって無線ノード間の隣接関係が経時的に変化する。また、無線ノード間の隣接関係を含む経路情報を継続的に維持するための無線ノード間の情報交換には隣接無線ノード間の制御メッセージの交換が必要とされる。しかし、多くの無線ノードが継続的な電力供給源を備えていないこと、無線信号による制御メッセージの配送が全方向アンテナを用いたブロードキャスト送信を基礎としており、無線LANプロトコルにより互いに競合する隣接無線ノードが同時並行に送信することによる無線信号の衝突を回避した通信を行なうことが必要であることから、通信コストの削減が強く求められている。そのため、通信要求発生時にデータメッセージの無線マルチホップ配送の開始に先立って、無線マルチホップ配送経路を探索、検出することが必要となる。無線ノードの分布密度が十分に高く、その分布が均一である場合には、送信元無線ノードと送信先無線ノードを接続する無線マルチホップ配送経路が高い確率で存在し、それを検出することが可能である。しかし、無線ノードの分布密度が十分に高くはない、あるいは、無線ノードが地理的に偏在し、分布密度が場所によって著しく異なる場合には、無線マルチホップ配送経路の存在確率、検出確率は低下する。

そこで、隣接無線ノード間のデータメッセージ転送のみではなく、データメッセージを通信バッファに保持した無線ノードの移動をも活用することによって、データメッセージを送信先無線ノードに到達させる試みがなされている。DTN (Delay Tolerant Network) やメッセージフェリングは、データメッセージの転送とデータメッセージを保持した無線ノードの移動とを組み合わせるデータメッセージ配送手法であり、無線マルチホップネットワークの接続性、す

なわち、データメッセージの到達性を改善する有力な手法である。しかし、これまでに提案されている手法は、単一データメッセージを配送することを目的として考案されている。現在のネットワークアプリケーションでは、ノード間で交換されるデータサイズが拡大しており、広く普及しているIEEE802.11やBluetoothといった無線LANプロトコルではデータメッセージ列を用いて配送しなければならないのが一般的である。また、ストリーミングのように、データメッセージ列が時間的に継続して配送要求され続けるアプリケーションも増加しており、単一データメッセージではなく、データメッセージ列を配送する技術への要求が高い。

2. 関連研究

中継無線ノード列によるデータメッセージ転送によって互いに無線信号到達範囲に含まれない無線ノード間のデータメッセージ配送を実現する無線マルチホップ配送を実現するために、AODV[6]やDSR[2]、OLSR[7]をはじめとする数多くのアドホックルーティングプロトコルが提案されている。ここでは、無線マルチホップ配送経路を構成するのに十分に多数の無線ノードが大きく偏ることなく均一な密度で分布することが、高い経路検出率すなわち高い接続性を提供するために必要とされる。しかし、無線ノード数や無線ノード分布がこのような条件を満たさない場合、あるいは、ネットワーク全体の統計値としては条件を満たしていても、データメッセージ配送が要求される特定の無線ノード対が無線マルチホップ配送経路で接続できない場合には、データメッセージを保持した無線ノードの移動が必要となる。

DTN(Delay-Tolerant Network)[3]がその解決手法として広く議論されており、無線ノードの移動を含むデータメッセージの配送手法が多数提案されている。Epidemic Routing[8]では、隣接移動無線ノード間で保持するデータメッセージの複製を行ない、データメッセージを保持した移動無線ノードが送信先無線ノードと隣接する機会を待つ配送手法である。データメッセージの送信先無線ノードへの到達率の向上、もしくは、データメッセージの配送遅延の短縮のためには、隣接無線ノード間でのデータメッセージの複製率を高めることが有効であるが、移動無線ノードのバッファ消費量が増大すること、特に、既に送信先無線ノードにデータメッセージが到達したことを各移動無線ノードが検知できないことによる時間的なバッファ消費量の増大が問題であり、そのトレードオフを適切に得ることがシステム構成上の問題となっている。Message Ferrying[9]では、特定の移動無線ノードが無線ノード群(無線ノードの連結成分)間を巡回することによって、無線マルチホップ配送経路が構成されない無線ノード間のデータメッセージ配送を実現している。

¹ 東京電機大学 ロボット・メカトロニクス学科
Department of Robotics and Mechatronics, Tokyo Denki University
a) kuribara@higlab.net
b) hig@higlab.net

これらの手法では、無線マルチホップ配送経路で接続することができない送信元無線ノードから送信先無線ノードへの単一あるいは少数のデータメッセージ配送を想定している。しかし、多数のデータメッセージから構成される大規模データの配送や時間的に継続するストリーミングデータの配送を行なう場合には、これらの手法で対処することは困難である。そこで、無線マルチホップ配送経路に沿ったデータメッセージ配送を隣接無線ノード間におけるデータメッセージ転送とデータメッセージを通信バッファに保持した移動とで構成することが考えられる。すなわち、中継移動無線ノードが専らこの無線マルチホップ配送経路に沿ったデータメッセージ配送のために移動することが求められ、結果として、移動無線ノードがデータメッセージ群列配送のために往復移動を繰り返す配送手法が必要となる。

NDBAR (Node Density-Based Adaptive Routing) [1] では、経路探索時に経路探索要求制御メッセージ $Rreq$ が転送できない場合には、高電力無線信号を用いて、すなわち、無線信号到達範囲を拡大して $Rreq$ メッセージを転送する無線信号を送出する (図 1)。このようにして構成された無線マルチホップ配送経路では、通常電力の無線信号ではデータメッセージを配送することができないため、高電力無線信号を用いて $Rreq$ メッセージを転送した無線ノードがフェリーノードとなり、データメッセージを通信バッファに保持して移動する。この方法では、フェリーノードとなる特定の中継無線ノードに経路探索における高電力無線信号送出に要する通信電力の負担とデータメッセージ配送のための移動電力の負担を求めることとなる問題がある。

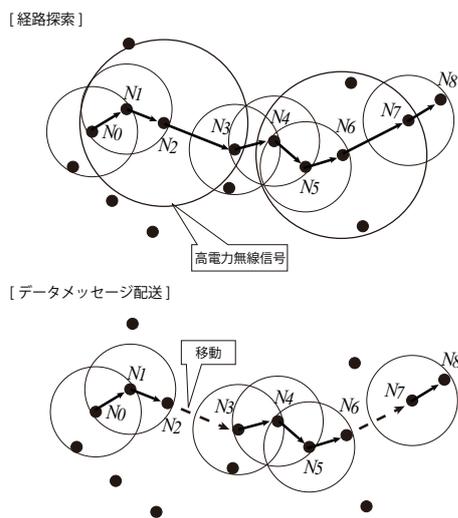


図 1 NDBAR における経路探索とデータメッセージ配送.

3. 提案手法

3.1 ルーティングプロトコル

本論文では、NDBAR のように、送信元無線ノードにおける通信要求の発生に従って送信先無線ノードまでの無

線マルチホップ配送経路を探索し、検出した経路に沿って、隣接無線ノード間のデータメッセージ転送と通信バッファにデータメッセージを保持した中継無線ノードの移動との組合せによってデータメッセージ列を配送するものとする。提案手法は経路探索フェーズとデータメッセージ配送フェーズの 2 つのフェーズから構成される。

経路探索フェーズでは、経路探索制御メッセージ $Rreq$ を送信元無線ノード N_0 から送信先無線ノード N_n に到達させる。この間に、各中継移動無線ノード N_i は自身の前後ホップ中継無線ノードの ID (アドレス) および位置情報を取得して、データメッセージ配送フェーズにおける無線マルチホップ配送に使用する。 $Rreq$ 制御メッセージの配送には無線ノード位置情報に基づくアドホックルーティングプロトコルである GEDIR[5] を適用する。GEDIR では、GPSR[4] の貪欲モードと同様、隣接無線ノードから $Rreq$ 制御メッセージを受信した無線ノードが送信先無線ノードに最も近い自身の隣接無線ノードに $Rreq$ 制御メッセージを転送する (図 2)。GEDIR では、各移動無線ノードは周期的に自身の最新の位置情報を位置取得デバイスによって取得し、これを含む位置通知制御メッセージを自身の無線信号到達範囲にブロードキャスト送信することによって、その時点におけるすべての隣接移動無線ノードに位置情報を提供する。したがって、各移動無線ノードは隣接無線ノードの位置情報を常時保持していることとなり、自身よりも送信先無線ノードに近い隣接移動無線ノードが存在する場合には、受信した $Rreq$ 制御メッセージをただちに転送することができる。このとき、中継無線ノード N_i と次ホップ中継無線ノード N_{i+1} とは、自身と相手の ID と位置情報をルーティング情報として保持する。

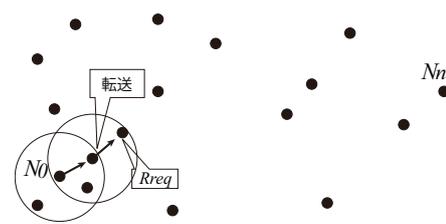


図 2 $Rreq$ 制御メッセージの転送.

もし、隣接無線ノードから $Rreq$ 制御メッセージを受信した無線ノード N_i が自身のすべての隣接無線ノードよりも N_n に近い場合、GEDIR ではデッドエンドの検出となり経路探索が失敗となる。隣接無線ノード間のデータメッセージの転送に加えて、データメッセージを通信バッファに保持した無線ノードの移動を配送手段として用いる提案手法では、データメッセージの配送経路の探索の過程として N_i が N_n の方向へと直進移動する (図 3)。移動時に、他の移動無線ノードと隣接したことをこの無線ノードが周期的に

位置情報を広告する制御メッセージの受信により検知し、その位置が $Rreq$ 制御メッセージを受信した時点における N_i の位置よりも N_n に近い場合、 N_i は停止して $Rreq$ 制御メッセージをこの隣接無線ノード N_{i+1} に転送する (図 4)。このとき、中継無線ノード N_i と次ホップ中継無線ノード N_{i+1} とは、自身と相手の ID と位置情報をルーティング情報として保持する。

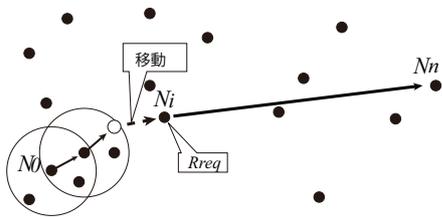


図 3 $Rreq$ 制御メッセージの保持移動.

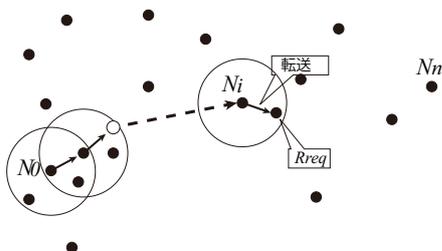


図 4 $Rreq$ 制御メッセージの転送.

各移動無線ノードが隣接無線ノードの位置情報から、 $Rreq$ 制御メッセージの転送と保持を選択することで、 $Rreq$ 制御メッセージは必ず N_n に到達する。

$Rreq$ 制御メッセージを受信した N_n は、経路探索応答制御メッセージ $Rrep$ を前ホップ中継移動無線ノード N_{n-1} に転送する。 $Rrep$ 制御メッセージを次ホップ中継移動無線ノード N_{i+1} から受信した中継移動無線ノード N_i は、前ホップ中継移動無線ノード N_{i-1} が隣接する場合にはただちに $Rrep$ 制御メッセージを転送する。隣接しない場合には、受信した $Rrep$ 制御メッセージを通信バッファに保持したまま N_{i-1} と隣接したときの自身の位置まで移動することによって N_{i-1} と必ず隣接することから $Rrep$ 制御メッセージの転送が可能となる。

このとき、隣接する中継移動無線ノード間で前後ホップ中継無線ノードがその前後ホップ隣接無線ノードと隣接したときの位置を交換する。すなわち、中継無線ノード N_i が前ホップ移動無線ノード N_{i-1} と隣接した位置を LN_i^- 、次ホップ移動無線ノード N_{i+1} と隣接した位置を LN_i^+ とすると、 N_{i-1} 、 N_{i+1} との隣接時の位置情報交換によって、 N_i は LN_i^- 、 LN_i^+ に加えて LN_{i-1}^- 、 LN_{i-1}^+ 、 LN_{i+1}^- 、 LN_{i+1}^+ を保持する。

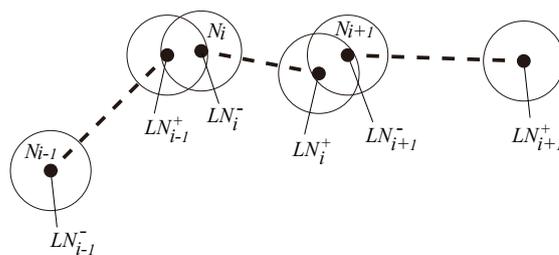


図 5 隣接中継無線ノード間の移動位置情報.

3.2 データメッセージ配送プロトコル

前節のルーティングプロトコルによって検出された中継移動無線ノード列 N_0, \dots, N_n による隣接中継移動無線ノード間のデータメッセージ転送とこれらによるデータメッセージを保持した移動とを組合わせた無線マルチホップ配送プロトコルを設計する。基本的には、前ホップ中継移動無線ノード N_{i-1} から転送されたデータメッセージを受信した中継移動無線ノード N_i は、次ホップ中継移動無線ノード N_{i+1} が隣接しているのであればただちにデータメッセージを転送し、隣接しないのであれば線分 $LN_i^- LN_i^+$ 上を移動し、端点 LN_i^+ で隣接する N_{i+1} にデータメッセージを転送し、端点 LN_i^- まで線分 $LN_i^- LN_i^+$ 上を移動する。これによって、データメッセージは無線マルチホップ配送経路に沿って N_0 から N_n まで配送されるものの、中継無線ノードの移動は NDBAR と同様のものとなる。すなわち、 $Rreq$ 制御メッセージを移動することなく転送した中継移動無線ノード N_i では、 $LN_i^- = LN_i^+$ であることから N_i は一切移動しない。移動によって N_{i-1} や N_{i+1} が隣接しない場合であっても $LN_i^- = LN_i^+$ に停止したまま移動しない。一方、 $Rreq$ 制御メッセージを移動して転送した N_i は、線分 $LN_i^- LN_i^+$ 上をデータメッセージを通信バッファに保持して移動するが、 LN_i^- で N_{i-1} からデータメッセージを転送され、 LN_i^+ で N_{i+1} へデータメッセージを転送することを繰り返す。したがって、特定の中継移動無線ノードのみが移動する状況は改善されておらず、データメッセージを保持したまま次ホップ中継移動無線ノードが隣接するのを停止して待つ中継移動無線ノードとデータメッセージを保持しないまま前ホップ中継移動無線ノードが隣接するのを停止して待つ中継移動無線ノードの存在が、移動に要する消費電力の不均衡とデータメッセージ配送遅延の延長を引き起こしている。

そこで、提案手法では、無線マルチホップ配送経路探索時に $Rreq$ 制御メッセージを保持して移動したか否かに関わらず、すべての中継移動無線ノードが移動に要する消費電力の不均衡の是正とデータメッセージ配送遅延の短縮のために移動することとする。そのため、以下の移動規則を導入する。

[移動および移動経路変更規則]

- (1) 中継移動無線ノード N_i は、前ホップ中継移動無線ノード

ド N_{i-1} からデータメッセージを転送された時点で次ホップ中継隣接無線ノード N_{i+1} と隣接しないのであれば、データメッセージを通信バッファに保持して線分 $LN_i^- LN_i^+$ 上を LN_i^+ に向けて移動する。(1-1) この移動中に N_{i+1} と隣接したならば、その位置で停止してデータメッセージを N_{i+1} へと転送し、 LN_i^+ を現在位置に更新する。(図 6).

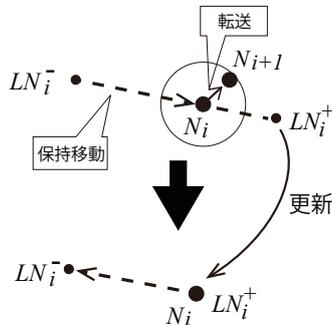


図 6 中継移動無線ノード N_i の移動 (1).

(1-2) N_i が LN_i^+ に到達しても N_{i+1} と隣接しないのであれば、線分 $LN_i^+ LN_{i+1}^+$ 上を LN_{i+1}^+ に向けて移動する。この移動中に N_{i+1} と隣接したならば、その位置で停止してデータメッセージを N_{i+1} へ転送し、 LN_i^+ を現在位置に更新する。(図 7)

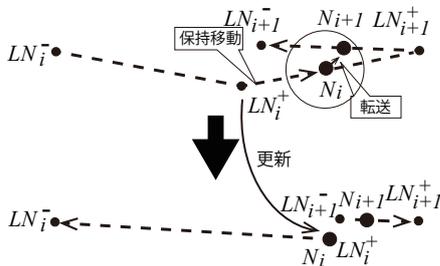


図 7 中継移動無線ノード N_i の移動 (2).

(1-3) N_i が LN_{i+1}^+ に到達しても N_{i+1} と隣接しないのであれば、 LN_{i+1}^+ に停止する。その後、 N_{i+1} と隣接したならば、データメッセージを N_{i+1} へと転送し、 LN_i^+ を現在位置に更新する。(図 8)

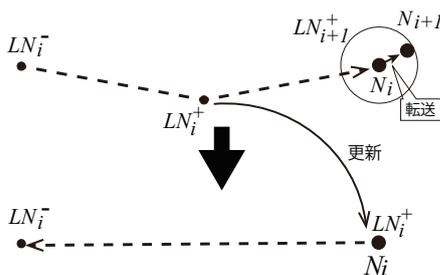


図 8 中継移動無線ノード N_i の移動 (3).

(2) N_i は線分 $LN_i^- LN_i^+$ 上を LN_i^- に向けて移動する。(2-1) この移動中に N_{i-1} と隣接したならば、その位置で停止して N_{i-1} から転送されるデータメッセージを受信し、 LN_i^- を現在位置に更新して (1) に戻る (図 9).

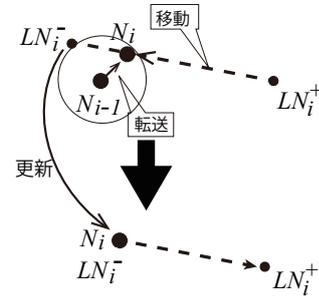


図 9 中継移動無線ノード N_i の移動 (4).

(2-2) N_i が LN_i^- に到達しても N_{i-1} と隣接しないのであれば、線分 $LN_i^- LN_{i-1}^-$ を LN_{i-1}^- に向けて移動する。この移動中に N_{i-1} と隣接したならば、その位置で停止して N_{i-1} から転送されるデータメッセージを受信し、 LN_i^- を現在位置に更新して (1) に戻る (図 10).

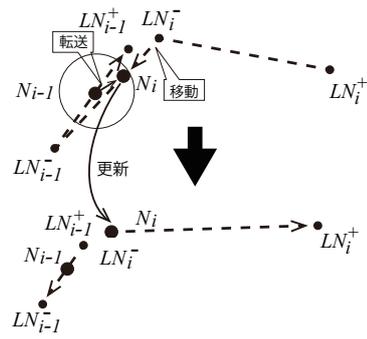


図 10 中継移動無線ノード N_i の移動 (5).

(2-3) N_i が LN_{i-1}^- に到達しても N_{i-1} と隣接しないのであれば、 LN_{i-1}^- に停止する。その後、 N_{i-1} と隣接したならば、 N_{i-1} が転送されるデータメッセージを受信し、 LN_i^- を現在位置に更新して (1) に戻る (図 11).

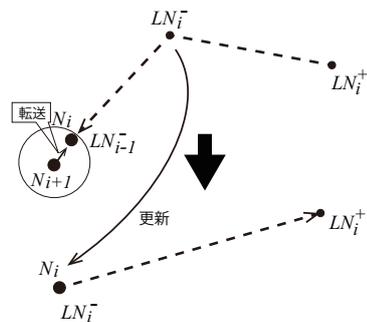


図 11 中継移動無線ノード N_i の移動 (6).

このように、 N_i が自身の基本移動区間である線分 $LN_i^- LN_i^+$ の端点 LN_i^- と LN_i^+ を最後に N_{i-1} と N_{i+1} に隣接した位置に更新すること、さらに、 N_i が移動して端点 LN_i^- および LN_i^+ に至っても前後ホップ隣接移動無線ノードと隣接しない場合には、それぞれの基本移動区間 $LN_{i-1}^- LN_{i-1}^+$ および $LN_{i+1}^- LN_{i+1}^+$ をも移動することによって、移動に要する消費電力の中継移動無線ノード間の不均衡の是正とデータメッセージ配送遅延の短縮を実現する。

4. 評価実験

提案手法の導入によって、中継移動無線の移動負荷が均等化すること、配送経路長が短縮することをシミュレーション実験により示す。隣接中継無線ノード間のデータメッセージ転送とデータメッセージを保持した中継無線ノードの移動によってエンドエンドのデータメッセージ配送を実現する無線マルチホップ配送経路は、15 台の中継移動無線ノードから構成され、水平方向に 200m 離れた送信元無線ノード N_0 から N_{16} へ 100 個のデータメッセージを配送する。移動無線ノードの無線信号到達距離は 10m、移動速度は 1.0m/s とする。図 12 に示す 3 つの初期レイアウトにおいて、本論文で提案する経路探索プロトコルによって検出した経路に沿ってデータメッセージ列を順次配送する。なお、波状に配置された部分の鉛直方向の振幅は 11m である。

図 12 は、3 つの異なる初期レイアウトでデータメッセージ配送を開始して 100 個のデータメッセージ配送を終えた時点における各中継移動無線ノード N_i の移動範囲である線分 $N_i^- N_i^+$ を示している。いずれの初期レイアウトにおいても、最終状態の無線マルチホップ配送経路は線分 $N_1 N_{15}$ に近似する直線状へと変化している。また、移動中継無線ノードとその移動範囲が NDBAR では固定されたままであるために移動負荷が偏在するのに対して、提案手法では移動範囲の長さが中継移動無線ノード間で均等化され、移動負荷をより等しく分担するようになることがわかる。

図 13 は、3 つの異なる初期レイアウトでデータメッセージ配送を開始して 100 個のデータメッセージ配送を終えるまでの各中継移動無線ノードの移動の様子を示したものである。赤色線分が N_i の初期位置または N_{i-1}^- , N_{i+1}^+ における停止時間、緑色線分がデータメッセージを保持した N_i^- から N_i^+ もしくは N_i^+ から N_{i+1}^+ への移動時間、青色線分がデータメッセージを保持しない N_i^+ から N_i^- もしくは N_i^- から N_{i-1}^- への移動時間を示している。また、末尾の数値は、最終状態における各中継移動無線ノードの移動時間の割合である。この図からも、いずれのレイアウトにおいても各中継無線ノードの移動負荷が均等になるように変化していることがわかる。

以上により、提案手法は従来手法の NDBAR と異なり、データメッセージ列の配送を継続する過程で各中継移動無

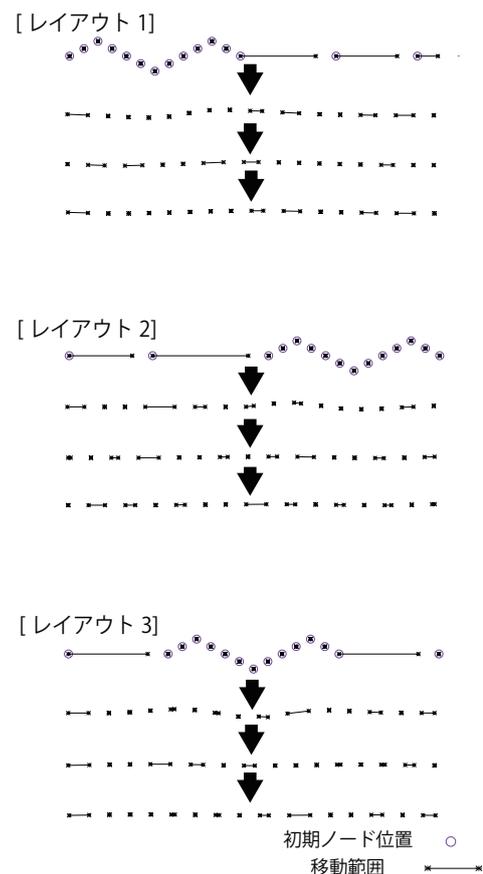


図 12 中継無線ノードの初期配置と移動範囲の変化。

線ノード間で移動負荷をより均等に負担するように変化させるとともに、配送経路をより直線状に変形させることがわかる。これによる経路長の短縮効果、データメッセージの配送遅延の短縮については、今後の実験で評価する。

5. まとめ

本論文では、無線マルチホップ配送経路に沿ったデータメッセージ配送を隣接無線ノード間のデータメッセージ転送とデータメッセージを保持した中継無線ノードの移動との組合せで構成することによってデータメッセージ群の配送を実現する手法における無線ノード移動による電力消費を中継無線ノード間で平等に負担する手法を考案した。ここでは、位置情報に基づいたアドホックルーティングプロトコルである GEDIR を基礎として、各中継移動無線ノードの移動範囲の初期値を定め、データメッセージ群の配送の過程として、この移動範囲を隣接中継無線ノード間で局所的に調整することにより、移動に要する消費電力を平等に負担することを可能とした。この移動範囲の動的調整アルゴリズムを構成し、直線分布する中継無線ノード群に適用したシミュレーション実験によって有効に機能する目的を得た。今後は平面領域に分布する移動中継無線ノードを対象としたシミュレーション実験により、提案手法の有効性を明らかにする。

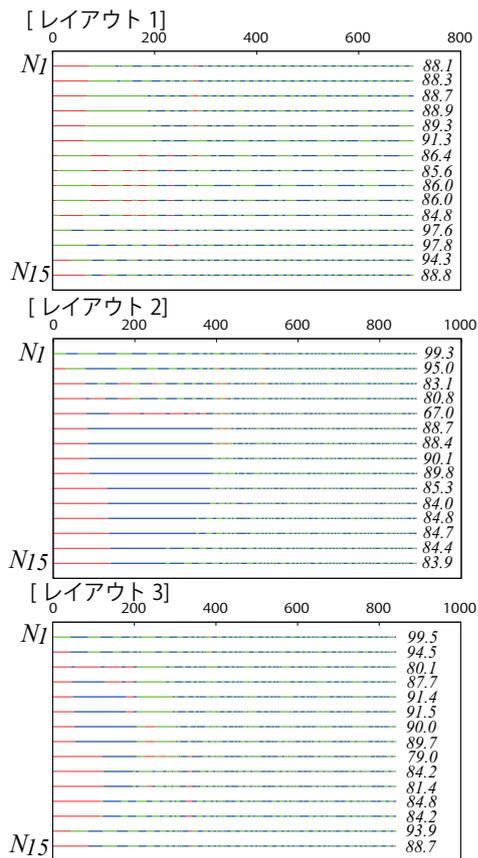


図 13 中継無線ノードの移動/停止時間分布.

参考文献

- [1] Chuah, M. and Yang, P., "Node Density-Based Adaptive Routing Scheme for Disruption Tolerant Networks," Military Communication Conference, pp. 1-6 (2006).
- [2] David, B., David, A. and Hu, Y.C., "The Dynamic Source Routing Protocol," RFC 4728 (2007).
- [3] Farrel, S. and Cahill, V., "Delay- and Disruption-Tolerant Networking," Artec House (2006).
- [4] Karp, B. and Kung, H.T., "GPSR: Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks," Proceedings of the 6th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking, pp. 243-254 (2000).
- [5] Lin, X. and Stojmenovic, I., "Geographic Distance Routing in Ad Hoc Wireless," Technical Report TR-98-10, SITE, University of Ottawa (1998).
- [6] Perkins, C.E. and Royer, E.M., "Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing," RFC 3561 (2003).
- [7] Clausen, T. and Jacquet, P., "Optimized Link State Routing Protocol (OLSR)," IETF Internet-Draft (2003).
- [8] Vahdat, A. and Becker, D., "Epidemic Routing for Partially-Connected Ad Hoc Networks," Technical Report CS-200006, Duke University (2000).
- [9] Zhao, W., Ammar, M. and Zegura, E., "A Message Ferrying Approach for Data Delivery in Sparse Mobile Ad Hoc Networking," Proceedings of the International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing, pp. 187-198 (2004).