

FACE プロトコルに基づくホップ数削減を考慮した アドホックルーティングプロトコル*

東京電機大学 理工学部 情報システム工学科†
高橋 秀彰 桧垣 博章‡ §

1 背景と目的

ノート型 PC やセンサノードなどから構成されるモバイルアドホックネットワークでは、経路探索要求メッセージ $Rreq$ を送信元移動コンピュータ M_s から送信先移動コンピュータ M_d まで配送することが必要である。本論文では、位置情報を用いることによってフラッディングを必要としない FACE プロトコル [1] を改良し、より短時間に、 $Rreq$ を配送するとともに、Gabriel グラフの適用によって拡大した検出経路長を縮小する拡張 FACE プロトコルを提案する。

2 従来手法

FACE プロトコルでは、各移動コンピュータが自身と自身の隣接移動コンピュータの位置情報を用いて転送先移動コンピュータを決定するが、デッドエンドが発生しない。ここで、各移動コンピュータ M_i を頂点、 M_i とその隣接移動コンピュータを端点とする線分 M_iM_j を辺とする平面図形を考える。この図形によって平面は、有限個の部分平面 $F_1, \dots, F_f$ に分割される。ただし、この分割においては、2 辺の交わりが必ずしも頂点になっていない。この平面図形をグラフとみなすと、2 辺の交わりが必ず頂点となることは、平面的な部分グラフを得ることと等価である。Gabriel グラフ [2] はこの条件を満足することから、Gabriel グラフとなる部分グラフを生成すればよい。このとき、その定義から、ある辺が部分グラフに含まれるか否かを局所的な座標情報のみで判定することが可能である。こうして得られた部分平面グラフの局所情報のみを用いて、FACE プロトコルでは $Rreq$ を線分 M_sM_d と交わる部分平面を順にたどるという手法をとることにより、経路が存在するならば、必ずそれを検出することが可能である。

3 提案手法

FACE プロトコルでは、線分 M_sM_d と交わる部分平面列を順に $F_1, \dots, F_l$ とするとき、 F_{2i+1} の辺を反時計回りに、 F_{2i} の辺を時計回りに（あるいはその逆に）たどるようにメッセージを配送する。このとき、 M_s における配送方向によって得られる経路の長さが異なる（図 1）。しかし、隣接移動コンピュータの座標のみが取得可能であるという前提においては、経路長の小さい配送方向を M_s が決定することは不可能である。拡張 FACE プロトコルでは、送信元移動コンピュータが時計回りと反時計回りの両回転方向に $Rreq$ を送信する

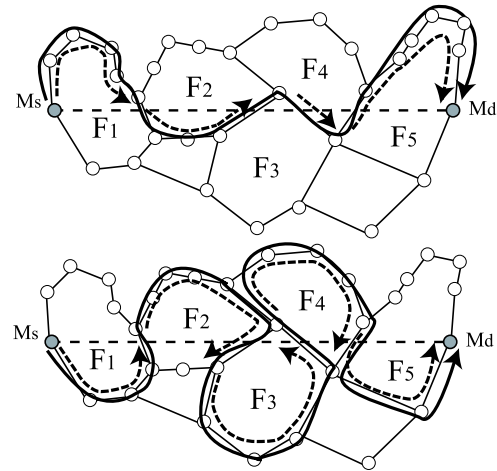


図 1: FACE プロトコルによる経路検出

ことで、 $Rreq$ が F_1 の辺を両回転方向に配送される。これによって、短い経路に沿って配送された $Rreq$ が先に F_2 との共通辺上を配送される。 F_2 では、 F_1 と同様に両回転方向に $Rreq$ が送信される。これを各 F_i で行なうことによって、 $Rreq$ は M_sM_d が貫く部分平面を順にたどるという条件のもとで最短経路を配送される。このときに得られた経路上の移動コンピュータ列を $R = \langle M_0 = M_s, M_1, \dots, M_{l-1}, M_l = M_d \rangle$ とする。 R の検出において Gabriel グラフを用いていることから、 $\exists M_i \in R$ について $M_j (j > i + 1)$ が M_i の信号到達範囲内に存在することがある。これは、Gabriel グラフ作成時に線分 M_iM_j が取り除かれたためである。そこで、 R を得た M_d では、このような M_i, M_j に対して、 $M_k (i < k < j)$ を R から取り除くことによって、短縮経路を構成することが可能である。 M_i と M_j の対の選択方法は複数存在するが、 M_d では経路長が最短となる短縮経路 R^{min} を決定する。この R^{min} を $Rreq$ にピギーバックし、 R^{min} に従って $Rreq$ を配送することで、 M_s から M_d へメッセージを配送できる。

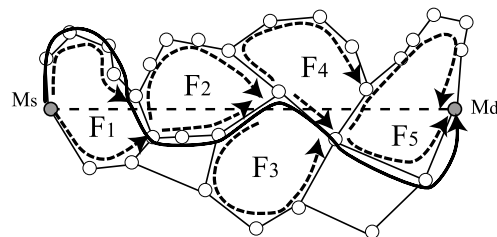


図 2: 拡張 FACE プロトコルによる経路検出

*Ad hoc Routing Protocol based on FACE Protocol

†Tokyo Denki University

‡Hideaki Takahashi and Hiroaki Higaki

§{hide,hig}@higlab.net

4 評価

提案プロトコルの有効性をシミュレーションによって評価する。評価環境は 1 辺 200m の正方形領域に 20 台~ 100 台の移動コンピュータを一様分布に基づいてランダムに配置したものであり、すべての移動コンピュータの無線信号到達範囲は半径 50m の円であるとする。送信元移動コンピュータ、送信先移動コンピュータの対をランダムに選択し、DSR [3]、FACE、拡張 FACE の 3 つのプロトコルを用いる場合の $Rreq$ メッセージ配送に要するメッセージ数と $Rreq$ メッセージの配送ホップ数、検出される経路のホップ数を測定した。メッセージ数の測定結果を図 3 に示す。FACE、拡張 FACE においては、送信元移動コンピュータと送信先移動コンピュータを結ぶ線分が貫く部分平面群の辺上のみを $Rreq$ が配送されるため、すべてのリンク上を配送される DSR に比べて格段に少ないメッセージ数しか必要としない。また、拡張 FACE は、FACE の約 2 倍のメッセージを要するが、これは各部分平面の辺上を時計回り、反時計回りに同時に $Rreq$ を配送するためである。次に、 $Rreq$

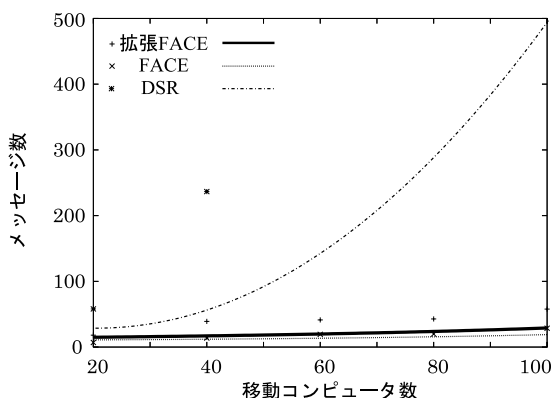


図 3: $Rreq$ メッセージ数

メッセージの配送ホップ数の測定結果を図 5 に示す。このホップ数は、 $Rreq$ を配送する時間、すなわち、経路探索に要する時間の指標である。図 4 に示すように、DSR が移動コンピュータの密度によらずほぼ一定の時間を要する。一方、FACE プロトコル、拡張 FACE プロトコルでは、移動コンピュータの密度が増すと、より小さな部分平面による分割が発生し、探索時間が増加する。しかし、拡張 FACE プロトコルは、FACE プロトコルに対して平均で 53.6% 探索時間を縮小しており、その縮小率は移動コンピュータの密度が高いほど大きくなっている (移動コンピュータ 20 台で 38.2% 縮小、100 台で 61.3% 縮小)。最後に、検出された経路のホップ数の測定結果を図 5 に示す。拡張 FACE プロトコルでは、 $Rreq$ の配送経路に対して、経路短縮 (ホップ数縮小) 計算を行なう。これによって、ホップ数を 37.5% 短縮している。これは、FACE プロトコルによって検出される経路のホップ数に対して平均 59.4% の短縮となる。また、原理的に最短ホップ数の経路を検出する DSR の検出経路のホップ数に対しても 1.84% 増にとどまっている。なお、経路短縮は FACE プロトコルに対しても有効であり、平均 65.7% の短縮により、DSR に対して 13.0% 増の経路を得ることができる。以上によ

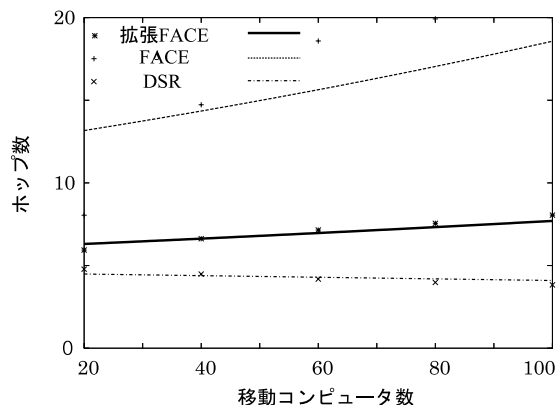


図 4: $Rreq$ 配送ホップ数

り、提案手法は従来の FACE プロトコルに経路短縮計算を導入したものと比較しても、9.88% の短縮が実現されている。

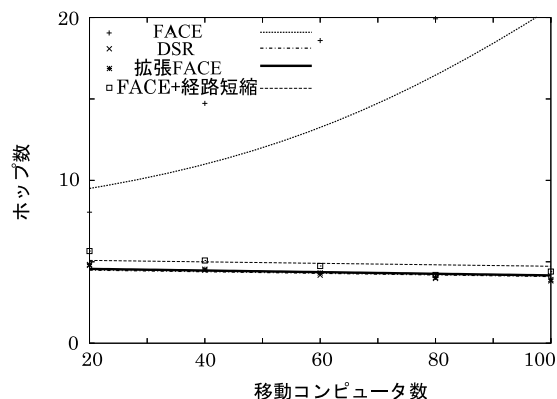


図 5: 検出経路ホップ数

5 まとめ

本論文では、FACE プロトコルを拡張し、100% の到達性を保ちつつ、より短い配送経路と検出できるプロトコルを設計し、その有効性をシミュレーション実験によって明らかにした。今後は、GloMoSim シミュレータを用いて、移動コンピュータの動作タイミングによって生じる競合等の事象による検出経路長や、経路検出時間への影響を含めた性能評価を行なう。

参考文献

- [1] Bose, P., Morin, P., Stojmenovic, I. and Urrutia, J., "Routing with Guaranteed Delivery in Ad Hoc Wireless Networks," Proceedings of the 3rd ACM International Workshop on Discrete Algorithms and Methods for Mobile Computing and Communications, pp. 48–55 (1999).
- [2] Gabriel, K.R. and Sokal, R.R., "A New Statistical Approach to Geographic Variation Analysis," Systematic Zoology, Vol.18, pp. 259–278 (1969).
- [3] Johnson, D.B., Maltz, D.A., Hu, Y.C. and Jetcheva, J.G., "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks," Internet Draft, draft-ietf-manet-dsr-04.txt (2000).