

間欠的に通信可能なモバイルコンピュータ群のための無線通信プロトコル*

4 D-5

東京電機大学 理工学部 情報システム工学科†

加藤 史 菅沼 栄史 梅島 慎吾 森田 義徳 桧垣 博章‡

1 背景と目的

近年、IEEE802.11 などの無線 LAN プロトコルを用いて通信するノート型 PC や PDA、自律移動ロボットなどの移動コンピュータのみで構成されるアドホックネットワークが構築されるようになってきた。ここでは、すべての移動コンピュータがパケットのルーティングを行なう。また、コンピュータの移動にともない、ネットワークトポロジが頻繁に変化するため、動的な経路の変更が必要である。コンピュータの移動特性により、アドホックネットワークは以下の 2 つに分類できる。

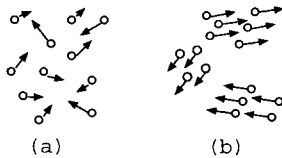


図 1: (a) 自律移動型と (b) 群移動型

- 自律移動型 (図 1(a))
各コンピュータが自律的に移動する。分布は一様であり、移動速度は低い。
- 群移動型 (図 1(b))
速度がほぼ等しい複数の移動コンピュータが群を形成し、群単位で移動する。群の移動速度は低速から高速まで様々である。

同一の群に含まれる移動コンピュータでは、それらの相対速度が小さいため、従来のアドホックルーティングプロトコルを用いて経路を定め、通信することが可能である。一方、異なる群に含まれる移動コンピュータでは、その相対速度が大きく、動的な経路の変更がトポロジの変化に追いつかない。また、群の分布が疎であることから、異なる群に含まれる移動コンピュータ間の通信は、それらの距離が無線信号の到達距離以下である時間のみ、間欠的に可能になる。

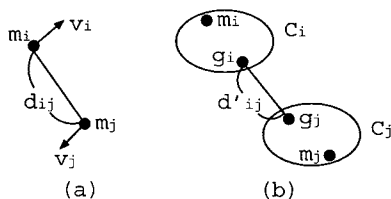


図 2: (a) ノード間通信距離と (b) 群間通信距離

図 2(a) のように移動コンピュータ m_i と m_j が通信可能となるのは、これらの距離 d_{ij} が無線信号の到達距離 l 以下となるときである。これに対して、図 2(b) のように m_i, m_j がそれぞれ群 C_i, C_j に含まれるならば、 C_i に含まれるある移動コンピュータ g_i と C_j に含まれるある移動コンピュータ g_j との距離 d'_{ij} が l 以下となればよい。このとき、 m_i から m_j へのパケットは C_i 内をルーティングされ、 g_i から g_j へと転送され、 C_j 内をルーティングされて m_j に受信される。これによって m_i と m_j が直接通信できない場合でもパケットの配送を行なうことが可能となる。この手法は、移動コンピュータが高速に移動する場合に特に有効である。

本論文では、他の群との間の通信パケットの中継を行なうコンピュータをゲートウェイとよぶ。群に含まれないコンピュータを送信先とするパケットはゲートウェイへ転送される。ゲートウェイは他の群と通信可能であるならば、これらのパケットをその群のゲートウェイに転送する。本手法を実現するためには、群 C_i, C_j の位置に応じて、ゲートウェイ g_i, g_j を動的に変更する必要がある。このとき、 C_i, C_j 内で送信された群に含まれない移動コンピュータを送信先とするパケットは、ゲートウェイにルーティングされなければならない。

2 提案プロトコル

本章では、間欠的に通信可能な移動コンピュータ群の通信を実現するためのゲートウェイ変更プロトコルについて述べる。ここで、移動コンピュータ群は以下のように定義される。

[移動コンピュータ群]

ほぼ同一の速度で移動し、アドホックルーティングにより互いに通信可能である複数のコンピュータの集合。

本論文では、簡単のため、1 つの移動コンピュータ群と基地局との通信を考える。基地局は固定位置にあり、固定ネットワークと移動ネットワークとの間のパケットの中継を行なう。このような通信システムの応用の 1 つとして道路上を移動する自動車群に設置されたコンピュータと地上に設置された基地局との通信が考えられる。提案プロトコルでは、基地局に対してパケットを送信する移動コンピュータが 1 台のみとなることを実現している。複数の移動コンピュータが同時に基地局と通信することを許した場合、無線 LAN プロトコルではコンテンションやコリジョンが発生することがある。高速移動するコンピュータ群では、1 つのゲートウェイが基地局と通信できる時間は短いため、これらの発生により配送パケットが減少することが考えられるためである。また、以下を仮定する。

- 基地局およびすべての移動コンピュータからの無線信号到達距離は等しい
- 群の移動速度は急速には変化しない

*Sporadic Wireless Communication Protocol for Clusters of Mobile Computers.

†Tokyo Denki University

‡Chikashi Kato, Eiji Suganuma, Shingo Umeshima, Yoshinori Morita and Hiroaki Higaki

- 群と基地局との通信が可能である時間には、少なくとも1つの移動コンピュータが基地局と通信可能である。すなわち、群 C に含まれるある移動コンピュータ g_i が基地局 b と通信可能であるとき、 g_i が b と通信不可能となる以前に他の移動コンピュータ g_j が b と通信可能となる。このような g_j が存在しない場合は C と b は通信不可能となる。
- 基地局は移動コンピュータとパケットの送受信をしていないとき、keep alive パケットを送信する。
- 群内のルーティングプロトコルには、AODV [1] 等のようなテーブルベースのプロトコルを用いる。

2.1 群と基地局との通信の開始

群 C に含まれるコンピュータ g_1 がはじめて基地局 b と通信可能となった場合(これは g_1 が b の送信する keep alive を受信することによって検出される)、 g_1 がゲートウェイとなったことを知らせる制御パケット Gateway(g_1) を自身の無線信号到達範囲にある移動コンピュータにブロードキャストする。Gateway(g_1) はフラッディングにより C に含まれるすべての移動コンピュータに受信される。受信したコンピュータは、 C に含まれないコンピュータを送信先とするパケットがすべて g_1 にルーティングされるようにルーティングテーブルの次ホップフィールドを変更する。

2.2 ゲートウェイの動的変更

群 C の移動にともなって基地局 b との通信を行うゲートウェイを g_i から g_{i+1} へと変更する。

- (1) g_{i+1} は、 b から g_i へと転送されるパケット、 g_i から b へと転送されるパケット、 b が送信する keep alive パケットのいずれかを受信することで、 g_{i+1} が b からの無線到達範囲に位置することを検出する。
- (2) g_{i+1} は自身が次のゲートウェイであることを知らせてやる制御パケット Gateway(g_{i+1}) を自身の無線信号到達範囲内にある移動コンピュータにブロードキャストする。
- (3) Gateway(g_{i+1}) を受信した移動コンピュータは、 C に含まれないコンピュータを送信先とするパケットがすべて g_{i+1} にルーティングされるようにルーティングテーブルの次ホップフィールドを変更する。ルーティングテーブルが変更された場合には、Gateway(g_{i+1}) をブロードキャストする。一方、変更されなかった場合には、Gateway(g_{i+1}) の転送は行わない(図3)。これによってゲートウェイを g_i から g_{i+1} に変更するために必要なルーティングテーブルのみを変更し、Gateway(g_{i+1}) の C 全体へのフラッディングを防止している。
- (4) Gateway(g_{i+1}) を受信した b は、以降 C に含まれる移動コンピュータを送信先とするパケットを g_{i+1} に転送する。
- (5) Gateway(g_{i+1}) を受信した g_i は C に含まれないコンピュータを送信先とするパケットがすべて g_{i+1} にルーティングされるようにルーティングテーブルの次ホップフィールドを変更する。ルーティングテーブルが変更された場合には、Gateway(g_{i+1}) を

ブロードキャストする。一方、変更されなかった場合には、Gateway(g_{i+1}) の転送は行わない。また、 b に転送するパケットが自身のバッファから無くなるか、 b との通信が不可能になるまでパケットを b に転送し続ける。バッファが空になるか b との通信が不可能になったならば、ゲートウェイを g_{i+1} に変更する制御パケット Update(g_1, g_{i+1}) を g_{i+1} に送信する。

- (6) Update(g_1, g_{i+1}) を受信した g_{i+1} は以降ゲートウェイとして C に含まれないコンピュータを送信先とするパケットを b に転送する。

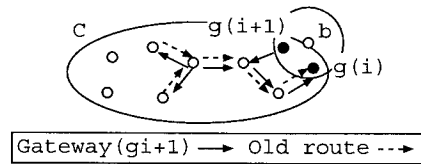


図3: ルーティングテーブルの変更

2.3 群と基地局との通信の終了

群 C のゲートウェイ g_n が Update パケットを送信しないまま b との通信が不可能となったならば、 C と b とは通信不可能である。 C の移動により別の基地局 b' との通信が可能となるまで C に含まれないコンピュータを送信先とするパケットは配送できない。ゲートウェイの変更による C 内のルーティングテーブルの変更は 2.2 節 (3) に述べた Gateway パケットのフラッディングによって行われる。フラッディングによる経路情報の変更時間を短縮するために、 g_n から g_1 へゲートウェイを変更する。 C の速度が急速に変化しないという仮定より g_1 が b' に対する最初のゲートウェイとなる可能性が高く、別のコンピュータがゲートウェイになった場合でも Gateway パケットのフラッディングは縮小される。

3 まとめと今後の課題

本論文では、群移動型アドホックネットワークにおけるルーティングプロトコルを提案した。ここでは、群の移動にともなって基地局との通信を行なうゲートウェイを動的に変更するプロトコルを設計した。今後は本プロトコルの性能評価を行ない、ITS(高度交通システム)の車々間通信、路車間通信への適用を行なう。さらに、異なる速度で移動する2つの群の間の通信をサポートするプロトコルを設計する。

謝辞

本研究を進めるにあたり、ゲートウェイの変更方法の議論に、東京電機大学理工学部情報システム工学科石川裕章氏に参加して頂きました。ここに深謝いたします。

参考文献

- [1] Perkins, C.E., Royer, E.M., "Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing," Proceedings of IEEE 2nd Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, pp. 90-100 (1999).