

モバイル P2P ネットワークにおけるリソース管理方式の一検討

Resource Management Method in Mobile P2P Network

荻野暢[†] 大島浩太[‡] 寺田松昭[‡]
Yo Ogino Kohta Ohshima Matsuaki Terada

1. はじめに

携帯電話端末の爆発的な普及から、これまでノード密度が低く接続性に課題のあった MANET を利用したモバイル P2P ネットワークが注目されている。モバイル P2P ネットワークは従来の P2P ネットワークと異なり、無線通信端末を利用することから、ノードの移動耐性、アドレスの流動性、ネットワークの不安定さを考慮したリソース管理が求められる。本研究では、既存の MANET プロトコル上にモバイル P2P ネットワークを構築することを目標とし、流動的に変化する MANET におけるアドレス空間とモバイル P2P ネットワークのアドレスおよびリソース識別子空間のマッピング方式に関する検討事項について述べる。

2. モバイル P2P ネットワーク

本研究で対象とするモバイル P2P ネットワークについて述べる。図 1 において、最下層が MANET を示している。この層では MANET ルーティングプロトコルに基づき、IP アドレスによるルーティングが行われる。この MANET の上に、モバイル P2P ネットワークを構築する。モバイル P2P ネットワークでは、ネットワーク上に存在するリソースの管理を行い、上層で P2P アプリケーション構築を行うための機能提供を行う。

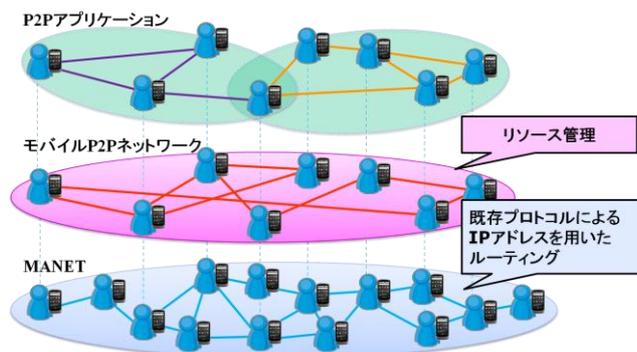


図 1 モバイル P2P ネットワーク

3. モバイル P2P ネットワークにおける課題

モバイル P2P ネットワークにおいては、一般的な P2P ネットワークにおける参加離脱問題やスケラビリティなどの課題の他に、MANET の特性に由来する課題が存在する。

3.1 ノード間の接続性

MANET では、物理的に電波が届く範囲外のノードとの通信は、マルチホップにより実現される。そのため、特定のノード間の経路が常に存在しているとは限らない。また、通信可能範囲はノードの物理的な位置関係に依存するため、移動によりノード間の接続性は流動的に変化する。相手のアドレスさえわかれば確実に経路が存在する、固定インフラを用いた P2P ネットワークとは大きく異なる点である。

3.2 ネットワークの分断

前述の通り、MANET ではノードの物理的な位置関係により、通信可能な範囲が変化する。この問題に起因して、MANET 上ではネットワークの分断と結合が頻発する。固定インフラを用いた P2P ネットワークでは、基本的にネットワークの分断は発生しないため、既存の P2P ネットワーク手法ではこの問題に対応できない。

4. リソース管理方式の検討

モバイル P2P ネットワークにおけるリソース管理を実現するために、本研究では 2 つのネットワーク構成について提案と検討を行う。

4.1 ノードの位置関係を考慮したスーパーノード型 P2P ネットワークによるリソース管理

P2P ネットワークでの効率的なリソース探索を実現する一般的な手法の 1 つとして、スーパーノード型 P2P ネットワークが存在する。代表例として、Gnutella v0.6[1]がある。この手法は、一部のノードにスーパーノードの役割を与え、スーパーノードがその他のノードのリソース情報を保持する手法である。これにより、スーパーノード間の通信だけでリソース探索が実現できる。

一般的なスーパーノード型 P2P ネットワークにおいては、通信帯域や処理能力などによりスーパーノードが選出される。しかし、前述の課題により、MANET ではノード自体の能力よりも通信経路を考慮してトポロジを構築すべきである。本節では、スーパーノードを物理的に等間隔に分散配置することでモバイル P2P ネットワークでのリソース管理における課題を解決する手法を提案する。提案手法の概要を図 2 に示す。図 2 の MANET 上のノードの位置関係は、物理的な位置関係を反映している。通常

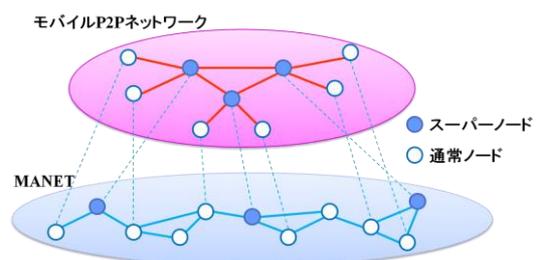


図 2 スーパーノード型リソース管理手法

[†] 東京農工大学大学院工学府 Graduate School of Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology

[‡] 東京農工大学 大学院工学研究院 Faculty of Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology

ノードは、分散配置されたスーパーノードのうち、最も近いものとリンクを形成する。ここでは、特定のスーパーノードに接続した通常ノードを、そのスーパーノードの子ノードと呼ぶ。スーパーノードを等間隔に配置することにより、以下のように課題を解決できる。

(1) ノードの接続性

各通常ノードは物理的に近いスーパーノードに接続しているため、子ノード同士のリソース探索は少ないホップ数で実現できる。また、スーパーノードが等間隔に配置されていることで、スーパーノード同士の距離が過剰に離れることを防ぐことができる。MANET ルーティングプロトコルでは、フラッドベースのルーティングが行われるため、スーパーノード同士が遠すぎると接続性を確保できなくなる可能性もある。スーパーノード同士の通信が確立されなければリソースの相互参照が実現できないため、スーパーノード間の距離は重要である。

(2) ネットワークの分断

ネットワーク分断時にスーパーノードが存在しない場合、新たにスーパーノードを選出し、ネットワークを再構築する必要がある。この手法ではスーパーノードが等間隔に分散配置されているため、ネットワークの分断が起きた際、それぞれのネットワークにスーパーノードが存在する可能性が高くなる。これにより、ネットワーク再構築が起きる可能性を低下させることができる。また、分断された各ネットワークにスーパーノードが存在していれば、ネットワークの再結合時にスーパーノード間のリンクを確立するだけで全体のリソース情報の管理を復元することができる。

4.2 小規模な構造化ネットワークの連携によるリソース管理

P2P ネットワークにおけるリソース管理では、目的のリソースを確実に見つけることが大きな課題となる。DHT(Distributed Hash Table)に代表される構造化 P2P ネットワークは、高い探索効率を P2P で実現する手法である。しかし、識別子空間をネットワーク全体で共有する必要があり、MANET におけるネットワークの分断や再結合に弱い[2]。モバイル P2P ネットワークで構造化 P2P ネットワークを構築する場合、分断を前提としたネットワーク設計が必要である。本稿では、小規模なネットワーク単位で構造的なリソース管理を実現し、ネットワーク同士が結合した場合、互いを連携させて探索を行うという方式の提案を行う。提案手法の概要を図 3 に示す。この手法では、MANET 上のノードは小規模な構造化 P2P ネットワークを複数構築する。このネットワーク同士が MANET 上で結合した場合、1つの構造化 P2P ネットワークとして結合するのではなく、分離したまま互いに連携し相互のリ

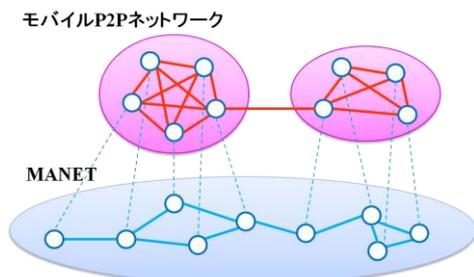


図 3 分散ネットワーク型リソース管理手法

ソース探索を実現する。この手法における、モバイル P2P ネットワークでの課題について以下に述べる。

(1) ノードの接続性

MANET 上で構造化 P2P ネットワークを構築する場合、P2P ネットワーク上のホップ数と MANET 上のホップ数が相関しないことが問題となる[3]。MANET 上のホップ数が大きくなると、ノード間の接続性の問題も大きくなる。この問題は、MANET の規模が大きくなるほど顕著である。この手法では、構造化 P2P ネットワークの規模を一定以下に抑えることで、ノードの接続性による探索効率の低下を抑える。

(2) ネットワークの分断

MANET 上の構造化 P2P ネットワークでネットワークの分断・再結合が発生した場合、大規模なネットワークでは、全体で識別子空間を再構築するコストが大きい。特に、グループ単位で移動する MANET のモデルを想定すると、グループ同士が近づいたときに 1つの構造化 P2P ネットワークに結合し、離れたらまた分離する、といった処理は無駄が多い。この手法では、小規模なネットワーク単位でリソース管理を行うことで、ネットワークの再結合による構造化 P2P ネットワークの再構築にかかるコストを抑えることができる。

4.3 提案手法に対する検討事項

4.1 の手法では、お互いの位置関係を定期的に変換し、次元に応じて適切な位置にいるノードに役割を譲渡しなければならないため、ノードの移動が頻繁であるほどネットワークの維持コストが高くなる。この維持コストが上記のメリットとのトレードオフとなるため、通信オーバーヘッドの少ないアルゴリズム設計や、適切なスーパーノード間隔の検討が必要である。

4.2 の手法では、どの程度の規模のネットワークを、どのように構築するかが重要となる。前述の通り、グループ単位で移動する MANET のモデルの場合は非常に適しているが、そうでない場合、どの範囲を構造化 P2P ネットワークで管理するかを決定するのが難しい。MANET のモデルを踏まえた上で、具体的な手法検討が必要である。

両手法において、ノードの接続性やネットワークの分断が起きる背景には、MANET 上のノード密度の問題がある。ノード密度を考慮した検討も必要となる。

5 おわりに

本稿では、MANET を利用したモバイル P2P ネットワークにおけるリソース管理についての検討を述べた。今後はさらに検討を重ね、具体的な設計と性能評価を行う。

参考文献

- [1] Gnutella: <http://rfc-gnutella.sourceforge.net/> (accessed 2012.6)
- [2] M. Jing-qing et al, "Cross-layer optimized Chord protocol for separated ring convergence in MANET", The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications, Elsevier B.V. (2009).
- [3] G. Ding and B. Bhargava, "Peer-to-peer File-sharing over mobile ad hoc networks", In Proceedings of IEEE Annual Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops, p104-109 (2004).