

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2009

課題番号：19760266

研究課題名（和文） 中継者の便益を考慮したアドホックネットワークの料金設定

研究課題名（英文） Pricing methods considering benefits of relay nodes in ad hoc networks

研究代表者

矢守恭子（KYOKO YAMORI）

朝日大学・経営学部・准教授

研究者番号：20350449

研究成果の概要（和文）：

アドホックネットワークをサービスとして考えた場合、利用者の便益や中継者の負担に対する補償を考える必要がある。本研究では、中継端末に対して中継謝金を支払うアドホックネットワークにおいて、利用者が通信のために支払ってもよいと思う支払意思額と、中継者が中継に対する対価として受け取りたいと思う受取意思額をアンケートにより明らかにした。次に、利用者の支払意思額と中継者の受取意思額をモデル化し、呼量が最大となる料金を示した。また、通信事業者を介したポイント交換によるアドホックネットワークサービスのモデルを提案し、通信者が通信のために支払うポイント数と、中継者が受け取るポイント数の最適な割合を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：

An ad hoc network consists of self-organizing nodes using multi-hop relay. It is important to get relay nodes in order to deploy telecommunication services using ad hoc networks. When relaying, relay nodes use their limited resources. For example, the power consumption increases, and processing the relayed data adds an extra workload. This discourages users from joining an ad hoc network and becoming relay nodes. But if the number of users willing to become relay nodes is not enough, it will be impossible to establish a multi-hop route in an ad hoc network.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,300,000	0	1,300,000
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	510,000	3,510,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・通信・ネットワーク工学

キーワード：アドホックネットワーク、効用、便益、謝金、行動モデル

1. 研究開始当初の背景

研究開始当初、アドホックネットワークに

関する研究が活発に行われていたが、ほとんど実用に供されていなかった。その理由とし

て、課金の難しさがあつた。また、アドホックネットワークは、中継端末が存在しなければ成立しないネットワークであるため、中継に対するインセンティブをどのように確保するかが重要な課題であつた。その一つの解決策として、アドホックネットワークの利用者または通信事業者が中継者に対し謝金を支払うサービスが考えられた。

中継者に謝金を支払うシステムについては、国外における研究が進んでおり、少ないながら研究報告がなされていた。例えば、すべての端末が架空の貨幣をもち、通信を開始しようとする送信元端末が、宛先端末までの通信経路に存在する中継端末に一定量の貨幣を支払うことにより通信が可能となる方式（チャージング・リワーディング方式）などがあつた。しかしながら、これらの研究は公平性や中継頻度の偏りに関するものであり、本検討のようにサービスモデルや課金の仕組みにまで踏み込んだ検討はほとんど行われていなかった。

2. 研究の目的

アドホックネットワークをサービスとして考えた場合、利用者の便益や中継者の負担に対する補償を考える必要がある。本研究では、中継者に中継に対する対価として謝金を支払うサービスを提案する。そして、送信者と中継者が妥結できる料金設定を明らかにすることが目的である。

アドホックネットワークの課金を考えた場合、料金と謝金のバランスが重要な鍵になる。例えば、中継者まかせで謝金の金額を設定する場合、すべての中継者が高い金額を要求する可能性があり、事業者は収益が望めない。また、謝金が高ければ利用者はそれを支払うことができず、サービスそのものが成立しない。

その問題を解決するために事業者/利用者の中継者にとっての妥結点となる料金設定を検討する必要がある。そこで、ゲーム理論の交渉問題を適用させ、両者にとって互いの納得できる妥結点を明らかにする。また、アドホックネットワークの利用促進のために、謝金を金銭ではなくポイントとして処理することが考えられる。このポイントはアドホックネットワークでの通信に利用することが可能で、中継者は貯めたポイントを利用してアドホックネットワークを利用することが可能となる。本研究では、ポイントが利用者と中継者でやり取りされる場合の市場モデルについても検討し、需要や中継端末数の変化を考慮した料金について検討する。

利用者のサービス（品質）に対する効用は、主観評価実験やアンケート調査などから、得られたデータを分析することにより、明らかにすることができる。通信における品質には、

パケット損失、遅延、安定性などさまざまな要素がある。したがって、要素ごとの検討や要素間の関係の検討も必要である。

効用と品質の関係を定量化し、利用者の行動を数学的に明らかにすることにより、最終的には、利用者の効用最大化、便益最大化、ネットワーク事業者の収入最大化などを行う。

3. 研究の方法

まず、本研究の目的を達成するために、次の四つの過程についての研究が必要である。

- (ア) アンケートによる中継者の中継謝金調査と、受取意思額に影響を及ぼす要因の特定、受取意思額関数の推定、モデル化。
- (イ) 主観評価実験による利用者の効用測定と、効用に影響を及ぼす要因の特定、実験データによる効用測度関数の推定。
- (ウ) サービスモデル、料金設定の提案、シミュレーションによる有効性（効用最大化、収益最大化）の裏付け。
- (エ) 提案の評価。

本研究では、まず、中継謝金の受取意思額の構造を明らかにする。具体的には、中継に対するネガティブな要因を特定し、中継に対する対価としての中継謝金の金額をアンケートにより調査し、データを収集する。得られたデータから、心理学研究の手法を参考に多変量解析を用いて受取意思額に影響を与える要因を分析する。これらの結果より、受取意思額を増加させる要因と意思額との関係を定量化し、受取意思額関数を求める。

次に、利用者の支払意思額をアンケートや主観評価実験などにより明らかにする。品質と支払意思額は密接な関係がある。したがって、主観評価実験により品質を実感させそれに対する支払意思額を測定する。測定した結果を基に、支払意思額に影響を与える要因を特定し、モデル化する。

さらに、実験等により得られた結果を基に、利用者・中継者の効用を最大にする課金方式の提案を行う。まず、それぞれの料金と謝金のバランスについて検討する。ここでは、ゲーム理論の交渉問題を適用させ事業者/利用者の中継者にとっての妥結点となる料金設定を明らかにし、両者にとって互いの納得できる妥結点を示す。

さらに、全体的なサービスモデルについて検討する。アドホックネットワークの利用促進のために、謝金を金銭ではなくポイントとして処理することが考えられるが、このポイントをアドホックに参加しているプレイヤー同士で分け合う市場モデルを提案する。

4. 研究成果

- (1) アドホックネットワークサービス

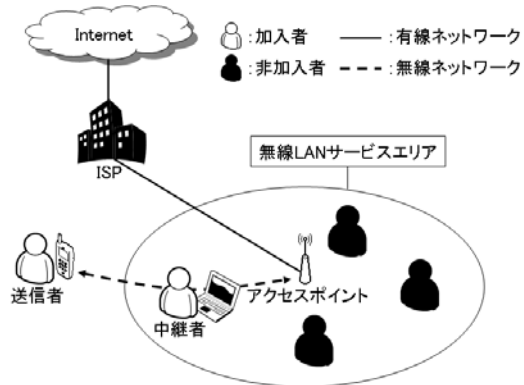


図1 アドホックネットワークサービスの概要

図1にアドホックネットワークサービスの概要を示す。無線LANのエリア外にいる加入ユーザ(送信者)はエリア内にいる加入ユーザ(中継者)を通して、アクセスポイントに接続する。アクセスポイントからインターネットへの接続までを一つのネットワーク事業者が提供するものとする。以下、これをサービス事業者と呼ぶ。

ユーザはサービス事業者に対し、サービス加入のための加入料金を支払う。サービス事業者は、新規ユーザに対し、アクセスキーやパスワードとともに、通信用ポイントを配布する。ポイントは、データを送信する際には通信料金として、中継者としてデータを中継する際には中継謝金として使用することができる。つまり、サービスに加入しているユーザ間でポイントの授受が行われることにより、通信が成立する。

想定するアドホックネットワークサービスでは、金銭の代わりにポイントが用いられる。通信する度に、ユーザ間でポイントが交換され、ポイントが少なくなったユーザは中継者となるため、一定量の中継端末を確保することができる。

(2)最適なポイント交換比率

サービスに参加するユーザは、通信事業者に対し加入料金を支払う代わりに、初期ポイントを配布される。ポイントは、通信する場合には通信料金として通信事業者を支払い、中継した場合には中継料として通信事業者から受け取ることができる。サービスに加入しているユーザは、このポイントを交換することにより通信サービスを利用することができる。

通信者が中継者に謝金を支払うとすると、中継者数によって交換するポイントに差が生じる。そこで、通信事業者は受け取り過ぎたポイントを蓄積し、逆に中継者に支払うポイント数が足りない場合は、蓄積したポイントを使って支払うこととする。

シミュレーションの経過時間と通信事業

者に蓄積されるポイント数の収支の関係を図2に示す。図の縦軸は、10回のシミュレーションの平均値を示す。 k は通信者と中継者のポイント比率を示す。

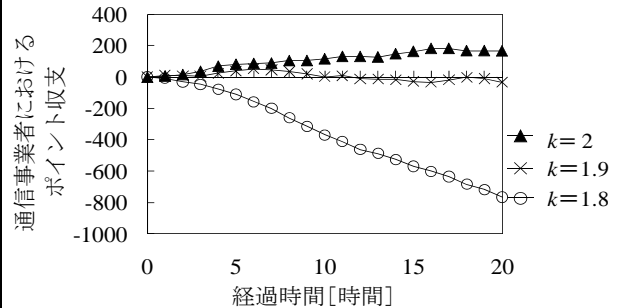


図2 ポイント数の収支

図より、 $k=1.90$ のとき通信事業者に蓄積されるポイント数の変動が小さく、収支がバランスしていることが分かる。本シミュレーションにおける平均中継者数は1.83である。最適な k の値は平均中継者数よりも若干大きくなる。これは、配分するポイントを整数で切り上げているためである。

(3)ルーチングの評価

中継者のWTR (Willingness to Receive reward: 受取意思額)を用いたルーチングについて、二つのルーチングを比較する。

このルーチングでは、経路上の中継謝金のWTR合計と通信料金を比較し、WTR合計が通信料金以下となる経路を選択する。経路の決め方として、経路上のWTRの合計を比較しつつ経路候補を探索するアルゴリズムと、AODVを用いて最短ホップの経路を探索し、経路を決定した後、WTR合計を比較するアルゴリズムが考えられる。以下、前者をWTRルーチング、後者をAODV+WTRルーチングと呼ぶ。

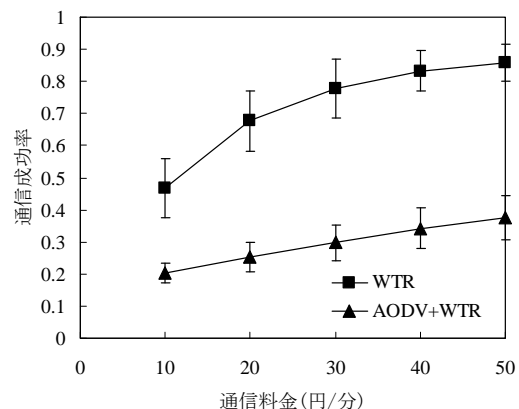


図3 通信成功率

図3に通信成功率を示す。通信料金が高く

なるにつれ、通信成功率は向上する。また、AODV+WTRルーチングの方がWTRルーチングよりも通信成功率が高い。

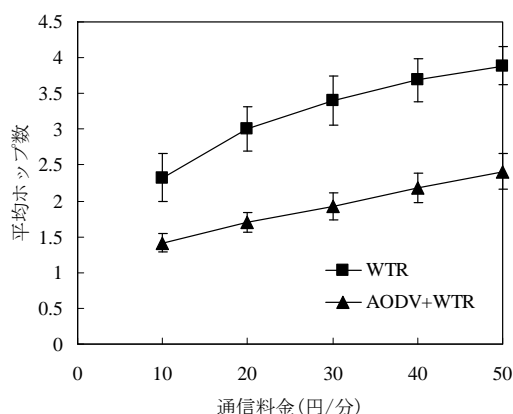


図4 経路あたりの平均ホップ数

図4に経路あたりの平均ホップ数を示す。AODV+WTRルーチングの方が、平均ホップ数が少ないことが分かる。アドホックネットワークでは、中継端末が少ないほど良いので、AODV+WTRルーチングの方が良いことが分かる。しかしながら、図3からAODV+WTRルーチングは通信成功率が低いいため、経路が確保できない場合が多く、サービスとしては成立しにくい。今後の課題として、スループットやモビリティを考慮したルーチングを提案する必要がある。

(4)総括

本研究の学術的な特徴としては、経済学や経営学の社会科学分野のバックグラウンドのもとで、工学的な研究を行っている点である。これからのネットワークにおいては、効用や料金などが利用効率に大いに関わってくると予想され、ネットワーク設計や制御の検討において社会科学を取り入れねばならない。このようなアプローチの研究はあまり行われておらず、総合的な側面からの情報通信の研究といえる。

本研究の独創的な点は、アドホックネットワークの利用者と中継者、双方の視点から検討している点である。アドホックネットワークの課金方式に関しては、既にいくつかの提案が行われている。しかし、単に、利用したら課金するとか、中継したら割り引くという提案であり、具体的に利用者の効用や支払意思額に基づいて料金の設定方法を与えるものではない。アドホックネットワークにおいて課金の設定法は最大の課題であるが、サービスを利用する側の視点、中継される側の視点からの検討が十分であるとはいえない。本研究は、これらの点を考慮した検討であり、双方の立場から検討している点が独創的で

ある。

本研究で得られた成果は、利用者・中継者双方が満足することのできる新しい通信インフラの構築の一助となると考える。また、本研究から得られたユーザ行動モデルは、アドホックネットワークにとどまらず、いろいろなサービスの実現手法に対応できるものであり、今後汎用的に利用可能な理論を提供すると考える。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計10件)

- ① 矢守 恭子 (代表), ポイント交換アドホックネットワーク通信サービスの提案, 電子情報通信学会総合大会, 2010年3月19日, 仙台市.
- ② 矢守 恭子 (代表), 中継謝金を用いたアドホックネットワークサービスとルーチング手法, 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会, 2009年7月16日, 札幌市.
- ③ 矢守 恭子 (代表), 中継謝金受取意思額に基づくアドホックネットワークルーチングの特性比較, 電子情報通信学会総合大会, 2009年3月20日, 松山市.
- ④ 矢守 恭子 (代表), アドホックネットワークにおける中継謝金受取意思額とセキュリティ意識の関係, 電子情報通信学会コミュニケーションクオリティ研究会, 2009年1月15日, 宮崎市.
- ⑤ 矢守 恭子 (代表), 携帯端末におけるコンテンツダウンロードの視聴目的とQoEの関係, 電子情報通信学会コミュニケーションクオリティ研究会, 2008年7月17日, 釧路市.
- ⑥ 矢守 恭子 (代表), 携帯端末用映像配信におけるコンテンツ視聴目的と待ち時間の関係, 電子情報通信学会総合大会, 2008年3月20日, 北九州市.
- ⑦ 矢守 恭子 (代表), Pattern Analysis and Modelling of Willingness to Receive Reward for Relay in Ad Hoc Networks, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2007年9月13日, 鳥取市.

6. 研究組織

(1)研究代表者

矢守 恭子 (YAMORI KYOKO)
朝日大学・経営学部・准教授
研究者番号: 20350449