

論文内容の要旨

博士論文題目

Methods for Efficient Service Replication and Information Gathering in Mobile Networks

(モバイルネットワークにおける効率の良いサービス複製と情報収集)

氏名 Asaad Ahmed Gad El-Rab Ahmed

(論文内容の要旨)

近年急速に普及してきた iPhone 等のスマートフォンに搭載されている各種センサを用いて、特別なインフラを設置することなく有用なセンサ情報を収集・利用する参加型センシング (participatory sensing) に関する研究が注目されている。本論文では、効率的な参加型センサネットワークシステムを構築するための基礎となる以下の 2 つの事柄に関する研究を行っている。

(1) 個々の利用者に情報を配信する際の通信コストを削減するためのサービス複製の手法の開発

(2) スマートフォン携帯者からのセンサ情報を効率的に収集する手法の開発

まず、上記 (1) に関して、HDAR (Highly Distributed Adaptive Service Replication) と呼ばれる分散複製手法を提案している。HDAR は、ネットワークをクラスタに分割し、各クラスタにおいて、サービスの利用頻度に応じてクラスタ内にサービスの複製を置くかどうか決定する。これは、サービスを複製し、クラスタ内で利用するコストと他のクラスタのサービスを利用するための通信コストの比較に基づく。HDAR を用いることで、既存手法と比較して、サービスの利用効率を約 5% 向上させるとともに、必要な複製・通信コストを約 53% 削減できることを、計算機シミュレーションにより確認した。

次に、上記 (2) に関して、通常の無線センサネットワークと異なり、各センサノードは自律的に行動するため、対象領域を 100% 被覆することは原理的に不可能である。そこで、対象領域を時間帯 T において確率 α で少なくとも 1 つのセンサノードによりセンシングされるという (α, T) 被覆の概念を導入し、 (α, T) 被覆を実現するのに必要なセンサノードを最小化するためのアルゴリズムを考案した。直観的には、時間帯 T において対象領域内の地点を互いに重ならずできる限り多く訪問するようなノードを選択するという考えに基づく。さらに、より正確な被覆を得るために、選択するノードを動的に更新する拡張を行った。計算機シミュレーションにより、提案アルゴリズムを用いることで、対象領域に存在するノード数より約 80% 少ないノードを選択することで (α, T) 被覆が実現できることを確認した。

(論文審査結果の要旨)

本論文では、参加型センシング(participatory sensing)システムの構築に関連する以下のような2点の知見を得ている。

(1) モバイルアドホックネットワークにおけるサービスの利用(例えば、最新のセンサ情報を取得したいという要求)に対して、サービスを提供するノードが少なければ、利用者と提供者間の通信に要するコストが掛かる。一方、サービス提供ノードを数多く設置するためには、複製を作り維持するためのコストが掛かる。本研究では、サービス提供者の位置、および、サービス利用者の分布・要求頻度に応じて通信や複製に要するエネルギーコストを最適化するためのアルゴリズムを提案している。モバイルノードはバッテリー駆動であるため、必要なエネルギーをできる限り削減することは重要である。しかし、扱っている問題はNP困難な組合せ最適化であるため、提案アルゴリズムは実行時間で近似解を求める。ノード間の距離、ノードの移動速度等により、ノード集合をクラスタリングし、各クラスタ内でのサービスの利用頻度に基づき、複製を作るかどうか(さらに、どのノードに複製を置くか)を決定する。また、クラスタの状況に応じて複製を設置・消去するかどうかを動的に決める。既存手法と比較し、提案アルゴリズムは、サービスの利用率を約5%向上させるとともに、エネルギー消費量を約53%削減することを計算機シミュレーションにより確認している。

(2) センシング要求(対象領域および時間帯)が与えられたとき、自律的に移動するセンサノードを用いて、必要な情報を収集する手法を開発している。通常の無線センサネットワークと異なり、自律移動ノードでは対象領域を100%被覆することは原理的に不可能である。そこで、対象領域を時間帯 T において確率 α で少なくとも1つのセンサノードによりセンシングされるという (α, T) 被覆の概念を導入し、 (α, T) 被覆を実現するのに必要なセンサノードを最小化するためのアルゴリズムを提案している。この問題もNP困難な組合せ最適化であるため、実行時間で近似解を求めるアルゴリズムである。アルゴリズムは、時間帯 T において対象領域内の地点を互いに重ならずできる限り多く訪問するようなノードを選択するという考えに基づいている。さらに、より正確な被覆を得るために、選択するノードを動的に更新する(すなわち、対象領域から離れるノードの代わりに近づくノードを選ぶ)拡張も行っている。計算機シミュレーションにより、提案アルゴリズムを用いることで、対象領域に存在するノード数より約80%少ないノードを選択することで (α, T) 被覆が実現できることを確認している。

近年、各種センサを搭載したiPhoneに代表されるスマートフォンが急速に普及してきており、将来、スマートフォンの高性能化・普及はさらに進展することが予想される。本論文で提案されているサービスの配信、センサ情報の収集の手法は、新規性を有するだけでなく、実用的にも非常に重要な知見を与えるものである。したがって、本論文は、博士(工学)学位論文としての価値があるものと認める。