

室内における多数の小型ドローンの位置測位手法に関する研究

福島 健(インテリジェントネットワーキング講座)

1 はじめに

生活空間において小型ドローン群が導入されることで、ユーザが望む所に映像や音声を出力する空中ディスプレイや空中音響など今までに無い新しいサービスが実現できる。本研究では、屋内において多数の小型ドローンの位置測位を効率的に行う手法を検討する。具体的には、無線 LAN の CSI (Channel State Information) を用いて数十 cm の誤差で距離測定可能な Chronos[1] を用いた場合に、高速に多数のドローンの位置を求めるために距離測定に必要なパケット数を削減できる通信プロトコルを提案する。

既に使用されているドローンでは、GPS (Global Positioning System) を用いて位置を測位することが一般的である。しかしながら、GPS は屋内では利用することができない。そのため、GPS に替わる位置測位技術が多数提案されているが、コストが高い、精度が悪い等の欠点がある。

本研究では、市販の無線 LAN カードを用いて数十 cm の精度で距離測定が可能な Chronos[1] を利用する。Chronos は市販の無線 LAN カードでも動作することができるため、ドローンがデータ通信用に無線 LAN を具備していれば追加のハードウェア無しに距離測定が可能となる。Chronos では、1 つの AP (Access Point) と距離を測定したいドローン間において複数チャンネルで NDP (Null Data Packet) を送受信することで CSI を測定、複数チャンネルの CSI を利用することで数十 cm の誤差で距離を算出することができる。

しかしながら、Chronos を用いて多量のドローンの位置測位を行う場合多くのパケットを使用するという問題がある。Chronos では NDP, CSI, ACK を 35 チャンネル分送受信するためである。図 1 に本研究で想定しているシステムモデルを示す。AP とドローンには通信距離に制限があり、全てのドローンが AP と常に通信できるとは限らないと仮定する。例えば、ドローン 1 は 3 台の AP 全てと通信可能であるものの、ドローン 2 は AP3 とは通信できない。図 1 のトポロジにおいて、ドローンの位置を求めるために全ての AP ↔ ドローン間及びドローン ↔ ドローン間で距離測定を行う場合を考える。その場合、ドローンの数を N とすると必要なパケット数は $O(N^2)$ となる。

2 提案手法

前節の議論に鑑み、Chronos を用いて多量のドローンの位置測位を行う場合に、位置が確定しているノードから順にスケジューリングを行うことで全てのドローンの位置測位に要するパケット数を削減する手法を提案する。位置測位の基本的な動作は、1. 位置測位が完了したノードによる NDP のブロードキャスト、2. NDP ブロードキャストを受け取った複数の位置不定ノードが NDP 送信元に CSI と NDP の返信、3. CSI から距離の算出、4. 算出した距離を収集、5. 収集した距離からノードの位置の算出の 5 つのステップを繰り返すことで実現する。このような手順を採ることで、最良の場合のパケット数を $O(N)$ に抑えることができる。各フレームは CSMA/CA で送信される。まず、位置情報が分かっている 3 つの AP がコントローラに接続されているとす

る。コントローラは位置情報が分かっている 3 つの AP から 1 台を選んで NDP をブロードキャストする。ここでは AP1 が選ばれたとする。NDP を受け取った位置不定ノードであるドローン 1 とドローン 2 は AP1 に対して CSI feedback と NDP を返信する。AP1 では AP1 ↔ ドローン 1 間の距離と AP1 ↔ ドローン 2 間の距離を計測してコントローラに送信する。コントローラでは、距離情報を保存すると共に AP1 を使用済みとする。同様にコントローラは AP2, AP3 を順次選択して、AP2 ↔ ドローン 1 間, AP2 ↔ ドローン 2 間, AP3 ↔ ドローン 1 間の距離を収集して AP2, AP3 を使用済みとする。収集した距離情報を元に三辺測量を行うことで、コントローラではドローン 1 の位置を算出することができる。次にコントローラは新たに位置が算出されたドローン 1 を選んでドローン 1 に対してドローン 1 が NDP をブロードキャストするように通知する。NDP を受け取った位置不定ノードであるドローン 2 は AP1 に対して CSI feedback と NDP を返信する。ドローン 1 ではドローン 1 ↔ ドローン 2 間の距離を計測してコントローラに対して送信する。コントローラでは、距離情報を保存すると共にドローン 1 を使用済みとする。収集した距離情報を用いて位置測位を行うことでコントローラはドローン 2 の位置を算出することができる。

3 初期的評価

提案手法によるパケット削減の効果を確かめるために、計算機シミュレーションによって評価を行った。50 m × 50 m × 50 m の範囲の中に AP を 4 台配置し、ドローンの数 N を変化させた場合の両方で距離測定に必要なパケット量の評価を行った。また、ACK のパケットサイズを 14 Byte, NDP のパケットサイズを 23 Byte, CSI のパケットサイズを 554.25 Byte とした。提案手法 (proposed approach) と、可能な距離測定をすべて行った場合 (naive approach) を比較した。図 2 に評価結果を示す。図 2 より、ドローン数が多くなるにつれてより多くのパケット量が削減できることが分かる。

4 おわりに

本稿では複数のドローンの位置を測位する際に必要なパケット数を削減できる手法を提案した。現在、プロトコルのさらなる改良を進めている。

参考文献 [1] D. Vasisht, et al. "Decimeter-level localization with a single WiFi access point." in Proceeding of 13th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation(NSDI'16), pp.165-178, March 2016.

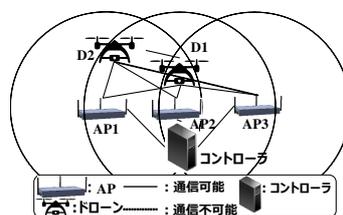


図 1: ネットワークトポロジ

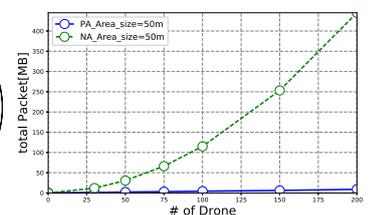


図 2: 距離測定に必要なパケット量