

ドローンネットワークにおける直線中継伝送のアクセス制御方式の検討

A Study on Access Control Schemes for Rectilinear Relay Transmission in Drone Networks

T5-25 中村 優
指導教員 設楽 勇

1 はじめに

ドローンを用いたネットワークにおいて、オーバーリーチの問題を解決するために送信信号の届く中継局まで一度に中継する CTR (Cooperation Through Relay) 方式 [1] が提案されている。本稿では、提案手法において干渉/誤りが生じた際のスループット特性を従来方式と比較し評価する。

2 従来方式の概要

図 1 に従来方式の概要を示す。従来の中継伝送では 1 ホップずつ中継するが、自由空間では、伝搬損失が少ないため送信信号が中継先のドローン (図 1#3) より遠くのドローン (図 1#4) に到達し干渉が生じる。そのため、従来方式は、オーバーリーチ干渉によってチャネル利用効率が低下する。また、従来方式で干渉が生じ、再送を行う際には、フォールバック制御により伝送レートを下げることによって SNR (Signal to Noise Ratio) が低くてもパケットを受信できるようにしているが、伝送レートの低下に伴って送信時間や再送によるオーバーヘッドが増加してしまう課題がある。

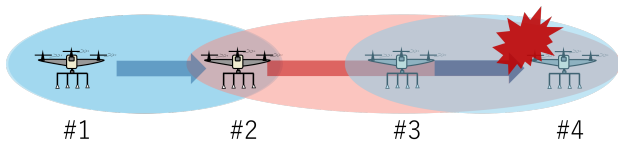


図 1 従来方式の概要

3 CTR 方式の概要

オーバーリーチ干渉は送信信号が中継局のドローンを超えて他のドローンに干渉することで発生する。そこで CTR 方式では直線状に存在する中継局が協調することによってオーバーリーチ干渉の問題を解決する。図 2 に示す CTR 方式は、送信信号の届く範囲の最終中継局 (図 1#4) まで一度に信号を送信し、通信経路の中継局 (図 1#3) も協調してパケットを受信する。最終中継局がパケットを正常に受信した場合は、以後、同様の手順で中継する。最終中継局がパケットの受信に失敗した場合は、直線経路の中継局 #3 が #4 の代わりに次の中継局にパケットを中継する。そのためオーバーリーチ干渉の影響を減らすとともに中継ホップ数も減るので中継オーバーヘッドも削減することができる。

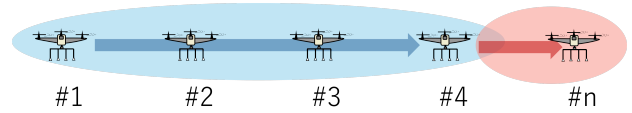


図 2 CTR 方式の概要

図 3 に CTR 方式の詳細なアクセス制御手順を示す。通常の CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) と同様に送信局はランダム時間の Backoff の後、ACK (ACKnowledgement) duration 時間が記述されたパケットを送信する。パケットを受信した中継局は送信局に対して ACK duration 時間後に ACK を返信する。このとき、ACK を受信した直線経路上の中継局は ACK の送信待ちをキャンセルする。最終中継局 (図 2#4) がパケットを受信できない場合は #3 が送信局の #1 に ACK を送信し、#4 の代わりに中継する。ACK duration はスロットタイム区切りとなっており、最終受信中継局が最も ACK duration が短く、送信局に近づくにつれて 1 ずつスロットタイム増加していく。したがって、この CTR 方式は信号が届く最大の範囲を推定する必要がある。そのため、送信電力の制御に加え各端末の SNR の受信電力閾値から自動的に判断し中継制御を行う。

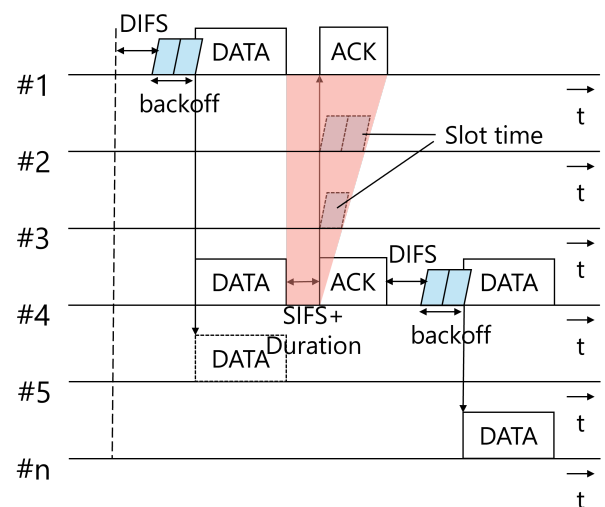


図 3 CTR 方式のアクセス制御

4 CTR 方式の評価

4.1 誤りが無い場合の CTR 方式の評価

CTR 方式の特徴である中継局をスルーすることによる効果を確認する。中継の総伝送距離は 1000m とし、50m 間隔で直線状に 20 台のドローンを配置した。アンテナの送受信利得は 0dBi、送信電力は 10dBm とした。周波数は 2.4GHz、伝送レートは IEEE802.11g を参考にし、伝搬損失は自由空間伝搬損失とした。評価内容は従来の 1 ホップ中継 (54Mbps) と中継局を 2 台スルー (24Mbps) した場合、および中継局を 3 台スルー (18Mbps) した場合におけるスループット特性を確認する。括弧内は使用可能な伝送レートである。誤りは無いとする。図 4 に CTR 方式のスループット特性を示す。従来の 1 ホップ中継と比べて CTR 方式で中継局を 3 台スルーした条件では約 2 倍のスループットが得られた。ドローンをスルー場合は、通信距離が長くなり使用可能な伝送レートが低下するが、CSMA/CA やプリアンプル等のオーバーヘッドとトレードオフになるのでネットワーク全体の通信効率では、ホップ数が少ない中継局を 3 台スルーする条件が最も高くなることが分かる。

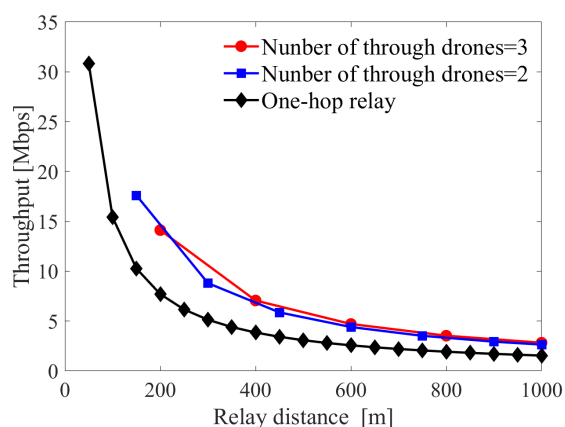


図 4 CTR 方式のスループット特性

4.2 誤りを考慮した場合 CTR 方式の評価

本稿では、CTR 方式において誤りが生じる条件にて評価を行う。3.2 と同じ条件を用いる。また 3.2 より中継局を 3 台スルー (18Mbps) したとき最もスループットが高いことから伝送レートは 18Mbps とする。従来方式では再送時のフォールバック制御により伝送レートを一つ下の 12Mbps とし、このときパケット誤り率を 3 % と 20 % とし、1000 回試行したときの従来の方式と CTR 方式の平均のスループット特性を比較した。

図 5 に誤り率 3 %, 図 6 に誤り率 20 % の場合の CTR 方式と従来方式の平均スループット特性を示す。この結果からいずれの条件でも CTR 方式が従来方式よりも高いスループットが得られることを確認した。また、誤り率 3 % と 20 % を比較すると 20 % の方が従来方式よりスループットが高くなることから、従来方式よりも CTR 方式は誤り率が高い条件においても高速に中継伝送が可能であることを確認した。

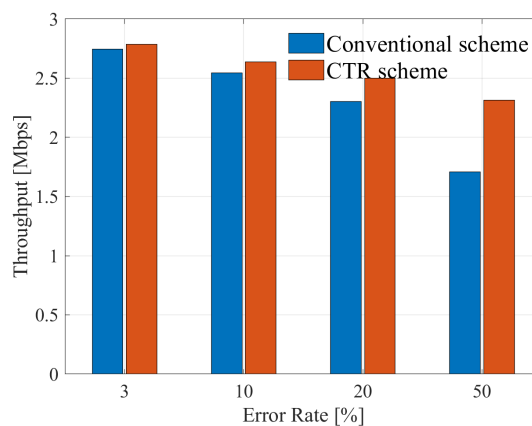


図 5 1000m 地点での各確率におけるスループット特性

5 まとめ

本稿では、直線に配置されたドローン中継伝送におけるオーバーリーチ干渉の影響を解決するために送信信号の届く中継局まで一回で中継する CTR 方式を検討した。CTR 方式と従来の方式で誤りが生じたときのスループット特性を各確率ごとに計算し比較した。結果から誤りが生じたときも従来の 1 ホップ中継と比較して CTR 方式は高いスループットが得られることを確認した。今後は、スループットだけでなく SNR や受信電力を考慮した評価を行う予定である。

参考文献

- [1] 設楽, 他, “ドローンの直線中継伝送におけるアクセス制御方式の一検討,” 電子情報通信学会大会講演論文 B - 11 - 2, 2018 年 9 月