

# ドローンにおける直線中継伝送のアクセス制御方式の検討評価

## Study and Evaluation of Access Control Schemes for Rectilinear Relay transmission in drones

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で 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。

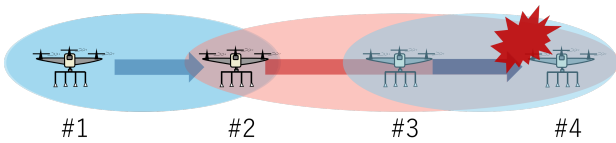


図 1 従来方式の概要

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。

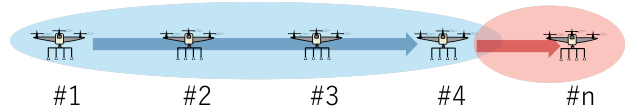


図 2 CTR 方式の概要

図 3 に CTR 方式の詳細なアクセス制御手順を示す。送信局は ACK (Acknowledgement) の duration 時間が記述されたパケットを送信し、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律的に判断し中継制御を行う。

### 3 CTR 方式の概要

#### 3.1 CTR 方式のアクセス制御

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) もパケットを受信する。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。

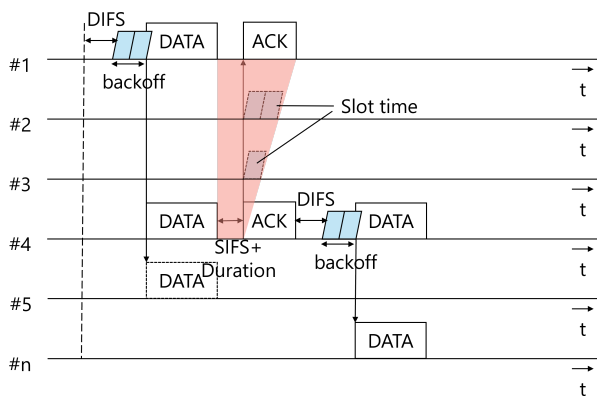


図3 CTR方式のアクセス制御

### 3.2 CTR方式の効果

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IEEE 802.11g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(65Mbps)と中継局を1台スルー(39Mbps)した場合、および中継局を3台スルー(19.5Mbps)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。干渉/誤りは無いとする。

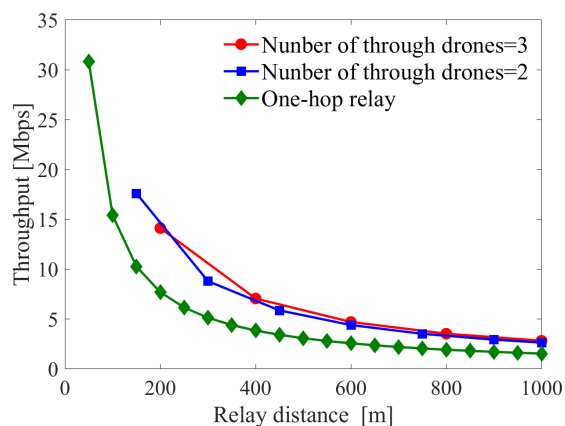


図4 ドローンをスルーした時のスループット

## 4 比較結果

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。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とする。中継局を3台スルーした場合におけるスループット特性を評価した。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。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なことを確認した。

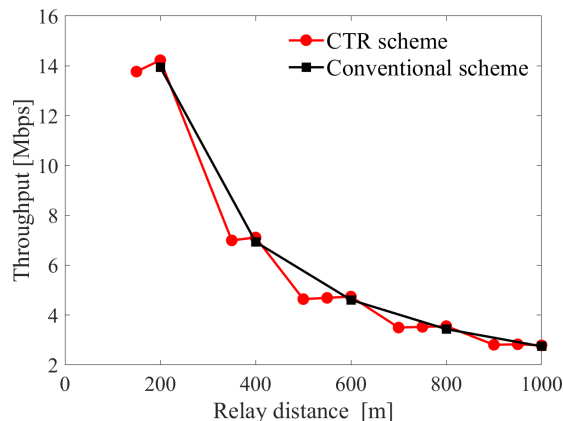


図5 誤り率3%の時のスループット

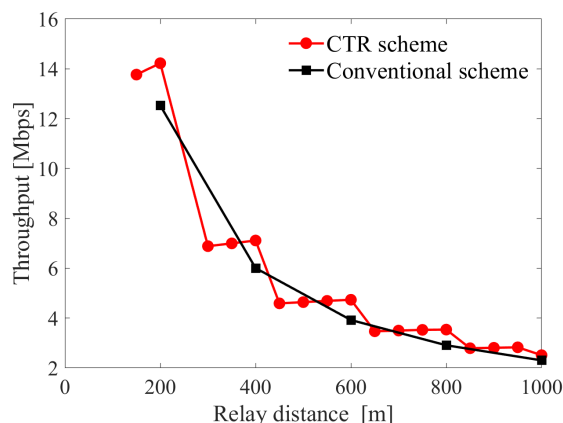


図6 誤り率20%の時のスループット

## 5 まとめ

本研究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計算機シミュレーションなどで確認し、干渉問題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方式を提案した。また、初期検討としてCTR方式の中継局をスルーすることによる効果を確認した。評価結果から従来の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、干渉や誤りを含めた評価を行い、より詳細に提案方式を評価する予定である。

### 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