

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

図3 CTR方式のアクセス制御

4 CTR 方式の評価

4.1 誤りが無い条件での 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スループットの向上を以下の条件で従来方式と比較する。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 (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最も高い伝送レートである。これは受信電力より IEEE 802.11g の MCS (Modulation and Coding Scheme) index から選択する。

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。ドローンをスルーする場合は、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、アクセス制御やプリアンプ等のオーバーヘッドとのトレードオフになる。その結果、ネットワーク全体の通信効率において、中継局を 3 台スルーする条件が最も高くなることを確認した。

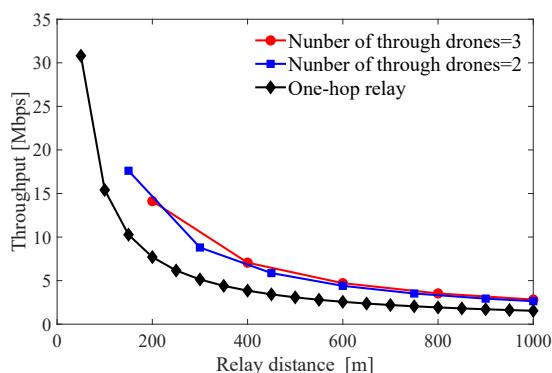


図 4 CTR 方式のスループット特性

4.2 誤りが生じる条件での CTR 方式の評価

CTR 方式のもう一つの特徴は、中継時に誤りが発生した場合、経路上の中継局が代替して中継を行うことにより、従来方式と比較してスループットが向上する点である。この特性を、4.1 の条件に基づいて従来方式と比較する。伝送レートは 4.1 の評価結果に基づき、18Mbps とする。誤りが生じた際、従来方式ではフォールバック制御により伝送レートを 1 つ下の 12Mbps に変更し、その後の再送信は必ず成功するとする。これに対して、CTR 方式では、誤りが生じた際、正しく受信できなかった中継局の 1 つ手前の中継局が必ず代替して中継できるとする。この時パケットの誤り率を 0% から 100% まで 1% ずつ変化させたときの従来方式と CTR 方式の 1000m 地点での最終的なスループット特性を比較した。

図 5 に誤り率が変化するときスループットを示す。この結果から、誤り率が増加するほど従来方式よりスループットが高くなっているため、従来方式よりも CTR 方式は干渉等によって局所的に誤り率が上がる条件 (受信

局) でも高効率に中継伝送が可能なことを確認した。また、誤り率が増加するにつれて従来方式と CTR 方式のスループットは減少しているが、CTR 方式では誤り率によってスループットが緩やかに減少する部分がある。これはパケットの送信回数が増加していると考えられる。図 6 には誤り率に対する平均送信回数を示す。図 6 より従来方式の送信回数は誤り率に対して線形的に増加しているが、CTR 方式の送信回数は線形的には増加していない。これは、CTR 方式で誤りが生じた際に、一つ前の中継局が通信を代替するからで、その結果、パケットの誤り率が増加しても送信回数の増加は緩やかに抑えられる。この送信回数の低減により、CTR 方式のスループットは従来の方式と比較して減少が緩やかになる部分があると考えた。

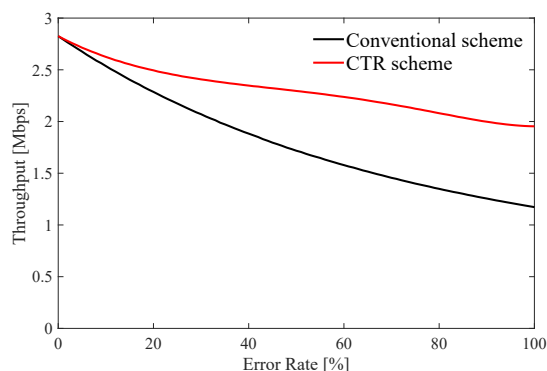


図 5 誤り率に対するスループット特性

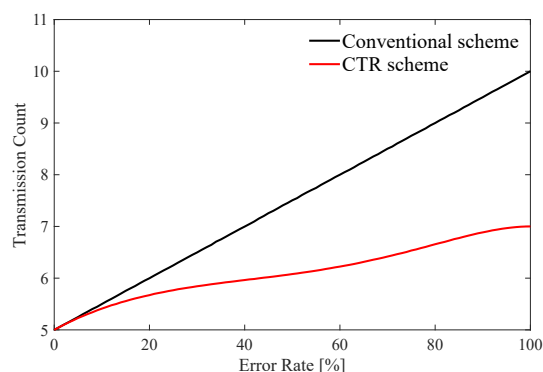


図 6 誤り率に対する平均送信回数の変化

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無い条件と生じた条件のスループット特性を計算し比較した。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。

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