

減少による巡回周期劣化への耐性を特徴とする 被災地複数ドローン再配置方式の検討

加藤 亜慧†

寺島 美昭†

創価大学大学院 工学研究科 情報システム工学専攻†

1. はじめに

近年、被災地における継続的な状況観測に複数の無人航空機「ドローン」を用いたシステムが注目されている[1]。しかし、故障等によりドローンが脱落し、台数減少からデータ収集不可能領域の発生が想定される。この問題を解決する手法の1つにドローン同士が相互に監視しあうことで台数減少を検知し、配置変更(以下再配置と呼称)を行う方式が考えられる。その際、課題として、脱落の非同期発生、ドローン自身による再配置計算量、通信の不安定な状況下におけるドローン間の再配置計算結果合意のしにくさが挙げられる。本稿では、そのような課題に対してハートビートのような最低限のデータ通信で高速に再配置を行うため事前分散合意可能なグルーピングを特徴とする複数ドローン再配置方式を示す。

2. 想定環境

図1に本研究の想定環境を示す。情報収集領域を定義し、そのエリアをさらに均等分割してドローン1台あたり1探索領域を担当させる。探索領域を飛行する際、各ドローンは自身を中心とした正方形のセルをセンシング範囲として持ち、セル単位で探索する。探索は繰り返し巡回して行う。

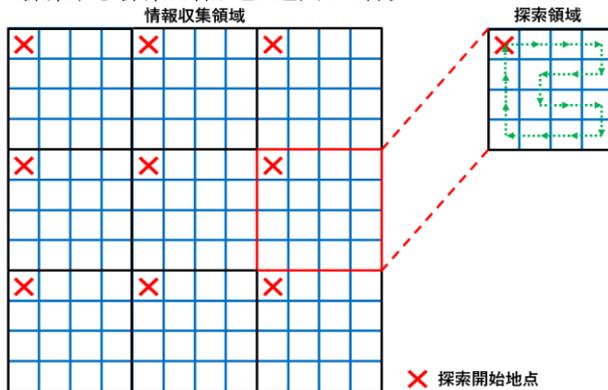


図1 想定環境

3. 複数ドローン再配置方式

単独で再配置を行う場合脱落の誤検知と再配置を行う領域の重複発生リスクがあることから通常脱落検知から再配置まで考えられるステップとして死活監視(脱落検知)→脱落の合意→再配置計算→再配置計算の結果についての合意→実行という流れが想定される。しかし、グルーピングを用いることで死活監視(脱落検知)→脱落の合意→実行の3ステップで再配置を行うことが可能である。以下、グルーピングと具体的な実装方式について説明する。

3.1. グルーピング

図2のようにドローンを上下左右でグルーピングし、初期値と

Study on multiple drone relocation method for disaster area characterized by resistance to cyclic cycle deterioration due to decrease

†Asato Kato, †Yoshiaki Terashima, †Graduate School of Engineering and Information Systems, Soka University

してグループ内ドローンの情報(ID,担当領域)を保持、グループ内でのみ死活監視を行う。これにより事前に静的な再配置の計算と飛行ルートが算出が可能である。図3がグループ内で事前合意しておく再配置後の担当領域と飛行ルートである。自身に対する脱落ドローンの担当領域の相対位置によって90°毎に回転させることで1ケースのみの保持で対応可能である。メリットとして死活監視と同程度の単純な脱落の確認・合意のみで再配置が実現可能なこと、担当領域の重複がなく均等に分割できることが挙げられる。これらのことから高速な再配置を実現する。

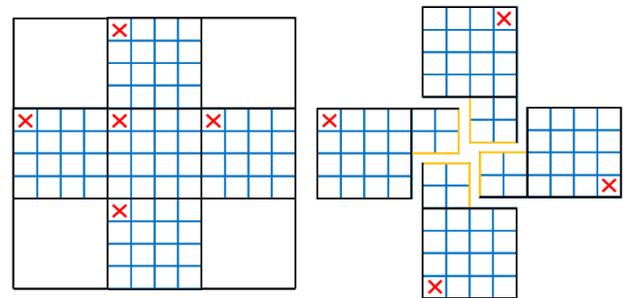


図2 グルーピング

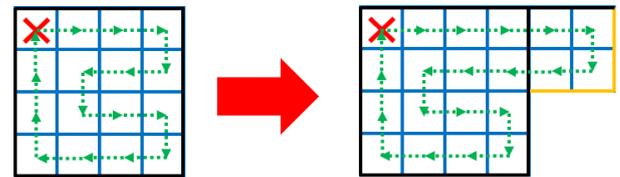


図3 再配置後の担当領域と飛行ルート

3.2. 設計

提案方式は死活監視(通常フェーズ)、脱落の合意形成(投票フェーズ)、投票による脱落の決定を通知・実行する(実行フェーズ)を定義している。1番最初にドローンの脱落を判断したドローンが提案者となりグループ内のドローンに投票を呼び掛ける。投票の提案を行うドローンを提案ドローン、提案を受けるドローンを被提案ドローンと呼称する。以下に用語定義と提案アルゴリズムをまとめる。

通常フェーズ:

フローチャートを図4に示す。

Th(s):ハートビート間隔

Tf(s):タイムアウト間隔

通常フェーズ

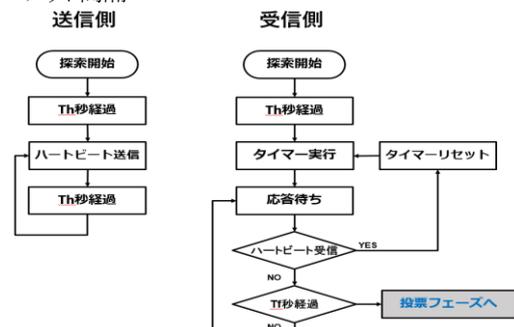


図4 通常フェーズのフローチャート

投票フェーズ:

RequestVote:投票要求 voteGranted=True:脱落票

提案ドローン:

- STEP.1 自身のログに脱落と書き込む
- STEP.2 グループ内ドローン(脱落疑似ドローン含む)にRequestVoteを送信
- STEP.3 投票を待つ

CASE.1 脱落と判断したドローンからハートビートを受信:通常フェーズへ

CASE.2 他のドローンから RequestVote を受信:

CASE.2-1 自身の ID > 他のドローンの ID :STEP.3 へ

CASE.2-2 自身の ID < 他のドローンの ID :

被提案ドローンになる

CASE.3 経過時間 < Tf, voteGranted=True の数 < グループ内ドローン数-2:STEP.4 へ

CASE.4 経過時間 < Tf, voteGranted=True の数 > グループ内ドローン数-2:実行命令フェーズへ

CASE.5 経過時間 ≥ Tf, voteGranted=True の数 < グループ内ドローン数-2:通常フェーズへ

STEP.4 RequestVote 送信から Th 秒経過後 voteGrantedを受信していないドローンに再送:STEP.3 へ
被提案ドローン:

voteGranted=False:脱落から生存に変更の場合のみ投票

RelocationEntry:再配置決定通知

STEP.1 メッセージ受信待ち

STEP.2 RequestVote を受信

STEP.3 対象ドローンのログを参照

CASE.1 ログ=True(脱落)の場合:STEP.4 へ

CASE.2 ログ=False(生存)の場合:投票せず STEP.5 へ

STEP.4 voteGranted に True を格納し,提案ドローンへ送信

STEP.5 メッセージ受信待ち

CASE.1 ログ=True(脱落)の場合:STEP.4 へ

CASE.2 ログ=False(生存)の場合:STEP.5 へ

CASE.3 ログ=True(脱落)から False(生存)に変化後の False(生存)の場合:STEP.6 へ

CASE.4 RelocationEntryを受信:実行フェーズへ

STEP.6 voteGranted に False を格納し,提案ドローンへ送信:STEP.5 へ

投票フェーズのシーケンス図を図5に示す

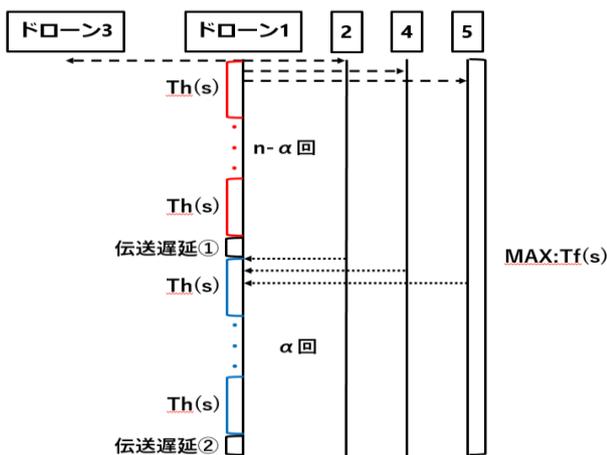


図5 投票フェーズのシーケンス図

実行フェーズ:

提案ドローン:

STEP.1 探索開始地点まで移動し,再配置

STEP.2 グループ内ドローンに RelocationEntry を送信

CASE.1 Th 秒経過までに被提案ドローンから応答がない場合:STEP.2 へ

CASE.2 全被提案ドローンからハートビートがあった場合:

RelocationEntry 送信を止める:通常フェーズへ

被提案ドローン:

STEP.1 RelocationEntryを受信

STEP.2 探索開始地点まで移動し,再配置

STEP.3 通常フェーズへ

実行フェーズのシーケンス図を図6に示す。

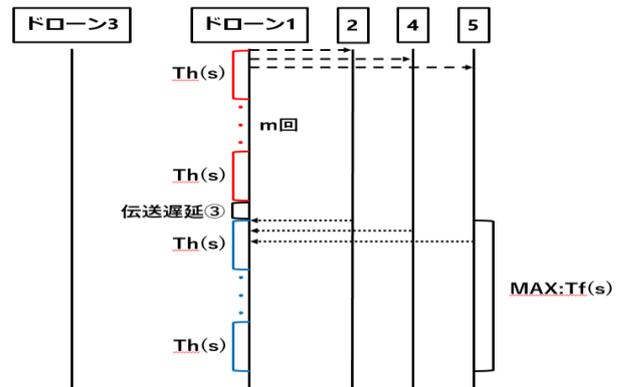


図6 実行フェーズのシーケンス図

4. 評価方法

4.1. 定式化

評価の指標としてドローンの脱落を検知してから RelocationEntryを受信するまでの時間を再構成時間 Tr と巡回周期(ドローンが担当領域を 1 巡するための所要時間)を定義し,定式化した.その式を以下に示す.

再構成時間:Tr(s)

$$=Tf(s) + (n-\alpha)Th(s) + \text{伝送遅延①} + \alpha Th(s) + \text{伝送遅延②} + mTh(s) + \text{伝送遅延③}$$

1 探索領域のセル数を N とし,N 以下の任意の整数を M,1 セルを飛行するための所要時間を t と置いた時

$$\text{巡回周期} = \sum_{k=1}^N t \text{ (通常フェーズ)}$$

$$=Tr + \frac{M}{N} \sum_{k=1}^N t + \frac{1}{4} \sum_{k=1}^N t \text{ (再配置後 1 巡目)}$$

$$= \frac{5}{4} \sum_{k=1}^N t \text{ (再配置後 2 巡目以降)}$$

4.2. シミュレータの開発

提案方式の有用性を検証するためにプログラミング言語 Java を用いてシミュレータを開発した.ドローン間の通信は UDP で行う.評価条件を表1に示す.

表1 評価条件

項目	値
飛行速度	10m/s
飛行時間	30分
ドローン 台数	9台
通信速度/通信成功率	1kbps / 10~100%
ハートビート/タイムアウト間隔	150ms / 1050ms
情報収集領域	540m×540m
1 探索領域/1 セル	180m×180m / 30m×30m

5. まとめ

本研究では,脱落に対して高速に再配置を行うため事前分散合意可能なグルーピングを特徴とする複数ドローン再配置方式を提案し,定式化した.今後記載した評価条件でシミュレーションに取り組む.

参考文献

- [1] 竹内 和, 成勢 昌隆, 関口 和真, 野中 謙一郎 “未知かつ複雑な領域に対する無人航空機のセンサの測域範囲を考慮した被覆制御” 第 61 回自動制御連合講演