

# Trajectory Optimization for Completion Time Minimization in UAV-Enabled Multicasting

---



**Riri Fifi Loulou**

December 4, 2018

ENAC



# Introduction

L'article présente une optimisation de trajectoire d'un drone qui doit transmettre, i.e. disséminer, i.e multicaster, en un minimum de temps un même fichier à des récepteurs terrestres via une communication sans fil.



# Plan

- 1 Introduction
- 2 Modélisation du système et du problème
- 3 Borne inférieure de la probabilité de bonne réception du fichier et reformulation du problème
- 4 Proposition de conception de trajectoire
- 5 Résultats numériques
- 6 Conclusion
- 7 Introduction
- 8 Modélisation du système et du problème
  - Random Linear Network Coding : RLNC
  - Modélisation du canal
  - Modélisation du problème
- 9 Reformulation du problème
  - Borne inférieure de la probabilité de bonne réception  $P_{k,succ}$
  - Le problème reformulé



# Equations

Things in a Bulleted List



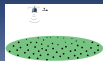
# Equations

## Things in a Bulleted List

### 1 Bullets that

1 one

1 two



# Equations

## Things in a Bulleted List

### 1 Bullets that

- 1 one
- 1 two

### 2 Come up

- 2 one
- 2 **two** and three



# Equations

## Things in a Bulleted List

### 1 Bullets that

- 1 one
- 1 two

### 2 Come up

- 2 one
- 2 **two** and three

### 3 One by one

- 3 one
- 3 two



## Equations

Equations are easy

- Just copy/paste equations





## Equations

Equations are easy

- Just copy/paste equations
- From the paper !

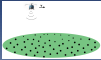
$$\mathbf{p}^* = \underset{\mathbf{p}}{\operatorname{argmin}} \sum_{\mathbf{x}} [I(\mathbf{W}(\mathbf{x}; \mathbf{p})) - T(\mathbf{x})]^2$$



## Pictures



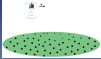
Figure – Kissing ducks



# A Movie

## Some block

- Movies only seem to work in Adobe Reader
- Movie file is not embedded, it must be on the computer



# A Movie

## Some block

- Movies only seem to work in Adobe Reader
- Movie file is not embedded, it must be on the computer

## Some more block

Movies only seem to work in Adobe Reader

Movie file is not embedded, it must be on the computer



# A Movie

## Some block

- Movies only seem to work in Adobe Reader
- Movie file is not embedded, it must be on the computer

## Some more block

Movies only seem to work in Adobe Reader

Movie file is not embedded, it must be on the computer

Some text in here.

- Movies only seem to work in Adobe Reader



# A Movie

## Some block

- Movies only seem to work in Adobe Reader
- Movie file is not embedded, it must be on the computer

## Some more block

Movies only seem to work in Adobe Reader

Movie file is not embedded, it must be on the computer

Some text in here.

- Movies only seem to work in Adobe Reader
- Movie file is not embedded, it must be on the computer and what happens with a very long item ?

Cet article a donc présenté une solution au problème de conception de trajectoire d'un drone équipés de système de communication sans fil en vu de transmettre un fichier à un ensemble de récepteurs i.e. Terminaux Terrestres. La mission doit être accomplie en un temps minimum tout en assurant une bonne réception du message avec une probabilité minimale.

Pour ce faire, plusieurs étapes ont été nécessaires



Pour ce faire, plusieurs étapes ont été nécessaires

- 1 Reformulation du problème en utilisant une seule contrainte de temps minimum de connexion entre le drone et le terminal terrestre.

Pour ce faire, plusieurs étapes ont été nécessaires

- ❶ Reformulation du problème en utilisant une seule contrainte de temps minimum de connexion entre le drone et le terminal terrestre.
- ❷ Les auteurs ont ensuite montré que la trajectoire optimale peut-être constituée uniquement de segments de droites reliant des waypoints dont la position est optimisée.

Pour ce faire, plusieurs étapes ont été nécessaires

- ❶ Reformulation du problème en utilisant une seule contrainte de temps minimum de connexion entre le drone et le terminal terrestre.
- ❷ Les auteurs ont ensuite montré que la trajectoire optimale peut-être constituée uniquement de segments de droites reliant des waypoints dont la position est optimisée.
- ❸ Ils ont calculé la position optimale de ces waypoints. Ce qui définit une trajectoire optimale.

Pour ce faire, plusieurs étapes ont été nécessaires

- ➊ Reformulation du problème en utilisant une seule contrainte de temps minimum de connexion entre le drone et le terminal terrestre.
- ➋ Les auteurs ont ensuite montré que la trajectoire optimale peut-être constituée uniquement de segments de droites reliant des waypoints dont la position est optimisée.
- ➌ Ils ont calculé la position optimale de ces waypoints. Ce qui définit une trajectoire optimale.
- ➍ Puis ils optimisent la vitesse en fonction du temps le long de la trajectoire obtenue en utilisant la programmation linéaire(LP).

Pour ce faire, plusieurs étapes ont été nécessaires

- ➊ Reformulation du problème en utilisant une seule contrainte de temps minimum de connexion entre le drone et le terminal terrestre.
- ➋ Les auteurs ont ensuite montré que la trajectoire optimale peut-être constituée uniquement de segments de droites reliant des waypoints dont la position est optimisée.
- ➌ Ils ont calculé la position optimale de ces waypoints. Ce qui définit une trajectoire optimale.
- ➍ Puis ils optimisent la vitesse en fonction du temps le long de la trajectoire obtenue en utilisant la programmation linéaire(LP).
- ➎ Les résultats numériques ont mis en évidence des performance significativement améliorés par rapport à divers autres techniques de conception de trajectoires.

===== » » » > 7a289e364500f4787f20384d30792bd27d126247

# Trajectory Optimization for Completion Time Minimization in UAV-Enabled Multicasting

---



**Riri Fifi Loulou**

December 4, 2018

ENAC



# Introduction

L'article présente une optimisation de trajectoire d'un drone qui doit transmettre, i.e. disséminer, i.e multicaster, en un minimum de temps un même fichier à des récepteurs terrestres via une communication sans fil.





# Plan

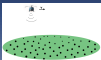
- 1 Introduction
- 2 Modélisation du système et du problème
- 3 Borne inférieure de la probabilité de bonne réception du fichier et reformulation du problème
- 4 Proposition de conception de trajectoire
- 5 Résultats numériques
- 6 Conclusion
- 7 Introduction
- 8 Modélisation du système et du problème
  - Random Linear Network Coding : RLNC
  - Modélisation du canal
  - Modélisation du problème
- 9 Reformulation du problème
  - Borne inférieure de la probabilité de bonne réception  $P_{k,succ}$
  - Le problème reformulé



## Liste des paramètres

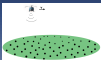
Information file size	$W$ bits
Packet size	$R_p$ bits
Number of information packets	$N' = W/R_p$
Number of network coded packets	$N > N'$
UAV transmission rate	$R$ bits/second
Time for transmitting one packet	$T_p = R_p/R$ seconds
Mission completion time	$T = NT_p = \frac{W}{R} \frac{N}{N'}$ seconds
Time slot length	$\delta_t$ seconds
Number of time slots	$M = T/\delta_t$
Number of transmitted packets per slot	$L = \delta_t/T_p = N/M$

Figure – Parametres



# Modélisation du canal

modélisation canal



# Modélisation du problème

modélisation UAV



# Borne inférieure de la probabilité de bonne réception $P_{k,succ}$

Borne inférieure de la probabilité



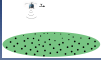
# Le problème reformulé

problème simplifié



# Conception des waypoints

conception de la trajectoire



# Optimisation de la vitesse du drone

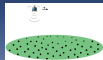
vitesse drone optimisation





# Trajectory Comparison and Lower Bound Verification

Trajectory Comparison and Lower Bound Verification



# Effect of Auxiliary Distance Parameter $D$

Effect of Auxiliary Distance Parameter  $D$



# Performance Comparison

## Performance Comparison

Cet article a donc présenté une solution au problème de conception de trajectoire d'un drone équipés de système de communication sans fil en vu de transmettre un fichier à un ensemble de récepteurs i.e. Terminaux Terrestres. La mission doit être accomplie en un temps minimum tout en assurant une bonne réception du message avec une probabilité minimale.

Pour ce faire, plusieurs étapes ont été nécessaires

Pour ce faire, plusieurs étapes ont été nécessaires

- 1 Reformulation du problème en utilisant une seule contrainte de temps minimum de connexion entre le drone et le terminal terrestre.

Pour ce faire, plusieurs étapes ont été nécessaires

- ❶ Reformulation du problème en utilisant une seule contrainte de temps minimum de connexion entre le drone et le terminal terrestre.
- ❷ Les auteurs ont ensuite montré que la trajectoire optimale peut-être constituée uniquement de segments de droites reliant des waypoints dont la position est optimisée.

Pour ce faire, plusieurs étapes ont été nécessaires

- ❶ Reformulation du problème en utilisant une seule contrainte de temps minimum de connexion entre le drone et le terminal terrestre.
- ❷ Les auteurs ont ensuite montré que la trajectoire optimale peut-être constituée uniquement de segments de droites reliant des waypoints dont la position est optimisée.
- ❸ Ils ont calculé la position optimale de ces waypoints. Ce qui définit une trajectoire optimale.



Pour ce faire, plusieurs étapes ont été nécessaires

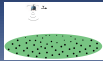
- ❶ Reformulation du problème en utilisant une seule contrainte de temps minimum de connexion entre le drone et le terminal terrestre.
- ❷ Les auteurs ont ensuite montré que la trajectoire optimale peut-être constituée uniquement de segments de droites reliant des waypoints dont la position est optimisée.
- ❸ Ils ont calculé la position optimale de ces waypoints. Ce qui définit une trajectoire optimale.
- ❹ Puis ils optimisent la vitesse en fonction du temps le long de la trajectoire obtenue en utilisant la programmation linéaire(LP).

Pour ce faire, plusieurs étapes ont été nécessaires

- ❶ Reformulation du problème en utilisant une seule contrainte de temps minimum de connexion entre le drone et le terminal terrestre.
- ❷ Les auteurs ont ensuite montré que la trajectoire optimale peut-être constituée uniquement de segments de droites reliant des waypoints dont la position est optimisée.
- ❸ Ils ont calculé la position optimale de ces waypoints. Ce qui définit une trajectoire optimale.
- ❹ Puis ils optimisent la vitesse en fonction du temps le long de la trajectoire obtenue en utilisant la programmation linéaire(LP).
- ❺ Les résultats numériques ont mis en évidence des performances significativement améliorées par rapport à une approche heuristique de conception de trajectoires ou un système multicast statique.

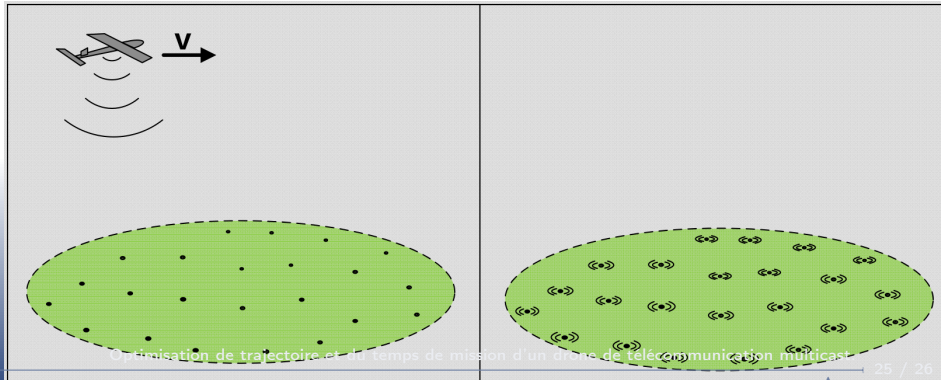
Pour ce faire, plusieurs étapes ont été nécessaires

- ❶ Reformulation du problème en utilisant une seule contrainte de temps minimum de connexion entre le drone et le terminal terrestre.
- ❷ Les auteurs ont ensuite montré que la trajectoire optimale peut-être constituée uniquement de segments de droites reliant des waypoints dont la position est optimisée.
- ❸ Ils ont calculé la position optimale de ces waypoints. Ce qui définit une trajectoire optimale.
- ❹ Puis ils optimisent la vitesse en fonction du temps le long de la trajectoire obtenue en utilisant la programmation linéaire(LP).
- ❺ Les résultats numériques ont mis en évidence des performances significativement améliorées par rapport à une approche heuristique de conception de trajectoires ou un système multicast statique.
- ❻ Ce qui tend à montrer le grand potentiel des drones de télécommunication à usage de transmetteurs multicast dans les réseaux sans-fil.



## Perspectives

Dans les systèmes multicast, on peut utiliser un processus de partage de fichiers, dit device to device (D2D), durant lequel les terminaux terrestres s'échangent des paquets reçus pendant la phase multicast pour reconstituer leurs messages respectifs dans leur totalité.



Cet article n'a pris en compte que la phase multicast. L'étude conjointe des deux phases multicast et D2D serait probablement intéressante à entreprendre. En lien avec des techniques de clustering pour les stations sol, l'optimisation conjointe pourrait permettre de réduire davantage les coûts de transmission et donc la taille des drones utilisés.