

## 無人機遠隔制御のための遅延変動吸収バッファと予測機の実装

D-22

Implementation of jitter buffer and a predictive controller  
for remote unmanned vehicle control

荘田 雄司<sup>†</sup> 奥田 和也<sup>†</sup> 後藤 和正<sup>†</sup> 中村 僚兵<sup>†</sup> 葉玉 寿弥<sup>†</sup>  
Yuji SHODA<sup>†</sup> Kazuya OKUDA<sup>†</sup> Kazumasa GOTO<sup>†</sup> Ryohei NAKAMURA<sup>†</sup> Hisaya HADAMA<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 防衛大学校 電気情報学群 通信工学科

<sup>†</sup>Department of Communications Engineering, School of Electrical and Computer Engineering, NDA of Japan

## 1. はじめに

ドローンなどの小型無人機(UV)が広く利用され、今後も更なる利用の拡大が予想される。本研究ではUVの用途拡大を目指しインターネットを用いた制御を研究してきた[1]。ネットワークを介して制御信号を送受信する場合、伝送遅延や遅延変動の発生によりUV制御の精度が劣化するという問題がある。通信環境が不安定な環境下で遠隔制御を円滑に行うための仕組みとして補償器が研究されている[2]。本研究では、遅延変動吸収バッファと予測機を実装し無人機シミュレータの制御に適用しその効果を評価した。

## 2. 遅延変動吸収バッファと予測機

システム構成を図1に示す。無人機システムは小型走行車を模擬したUVシミュレータ(UV)及び制御サーバ(CS)とで構成されており、ネットワークで接続されている。CSがUVの走行目標地点の座標を予め保持しており、50msごとにUVから送信される位置情報をもとに、目標地点へ走行するように速度と方向舵の角度を計算し、UVに送信する。これは実時間的なフィードバック制御なので、ネットワークで伝送遅延や遅延変動が生じると、走行特性が劣化する。この劣化を防ぐために、遅延変動吸収バッファと予測機を実装し図2のように配備した。予測機は、UVと同じ特性を持ち、CSからの制御信号で制御され、50msごとに位置情報を制御サーバに送信する。また、1.5sごとに送信されるUVからの位置情報をもとに、過去の走行データをUVの走行データと一致させることによって、予測機とUVの位置座標及び走行履歴の角度のズレを修正する。遅延変動吸収バッファは、CSから届いた制御信号の遅延ゆらぎを吸収し、任意の固定的な遅延で制御信号をUVに到達させることができる。ネットワークの伝送遅延の特性はネットワークエミュレータ(NE)で再現することとした。

## 3. 評価と考察

UVシミュレータで仮想的な366mの周回コースを定義し、UVの速度を一定に保ち、UVがコースを一周し終える時間(周回時間)を制御特性の評価尺度とした。NEで付加する伝送遅延時間を0とした場合、および、IEEE802.11ac無線LANを模擬した伝送遅延の特性を双方向に与えた場合の走行特性を図3中のa, bに示す。これらの場合には予測機と遅延変動吸収バッファは用いていない。aの場合には

速度にほぼ反比例して周回時間が減少していくが、bの場合、速度が大きくなると制御特性が劣化し理想的な経路からのズレが増加していることがわかる。bと同じNEの条件下で予測機と遅延変動吸収バッファを適用した場合の特性をc, dに示す。cではバッファによる遅延も含めた片道伝送遅延は0.3sに、dでは1.0sに設定した。dの場合、良好な走行特性が得られていることがわかる。

## 4. まとめ

無人機制御に対するネットワークの伝送品質の影響を補償する遅延変動吸収バッファと予測機を実装し評価した。IEEE802.11ac無線LANの伝送遅延をカバーするためには、1.0s程度の遅延変動吸収バッファを適用すればいいことが分かった。本評価はシミュレーション実験であったので、実機を用いた実環境下での実験を行う必要がある。



図1 システム構成

図2 予測機と遅延変動吸収バッファ

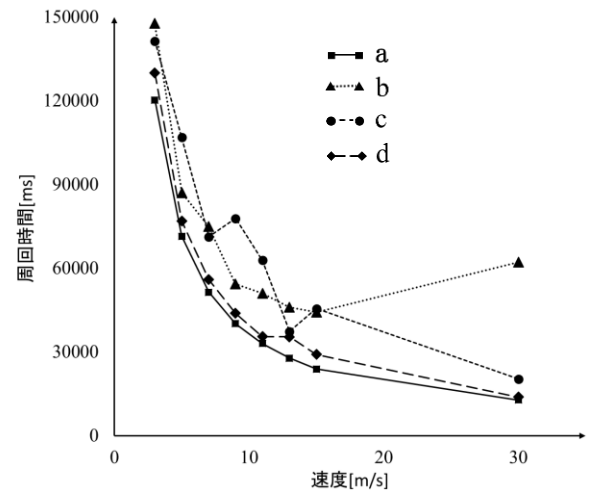


図3 走行特性

## 参考文献

- [1] K. Goto, et al., "Experimental evaluation of a path switching function to avoid delay spikes in wireless LANs", APNOMS, pp. 267-270, Seoul, Sept. 2017.
- [2] 今井隆輔, 久保亮吾, "ネットワーク化制御システムにおけるモデルベース情報損失補償," 信学技報, vol.115, no.408, CQ2015-102, pp.55-60. 2016年1月.