



情報指向ネットワーク (ICN: Information-Centric Networking)

- IoT 環境において柔軟な制御が可能なネットワークとして注目
- コンテンツや制御命令を名前で表現
 - ICNのパケットは名前によって転送先が決定
 - Interest: コンテンツを要求する、或いは制御の実行を指令する ICN パケット
 - 制御命令の名前を持つ Interest パケットを転送することで、エンドノードに対する制御の実行を指令可能

ICN パケット転送により IoT 機器制御が可能^[1]

[1] W. Shang, B. Adcock, T. Liang, Z. Wang and Y. Yu, "Named data networking of things," in Proceedings of IEEE First International Conference on IoT, pp. 317-324, Apr. 2016.

移動制御可能なルータを用いた分断ネットワーク間通信手法 (RMICN: Router-Movable ICN) [2]

- ICN の制御の柔軟性に着目し、ドローンを用いた移動制御可能なルータ (FR: Flying Router) を擁する分断ネットワーク間通信手法を提案
- 分断ネットワーク: 相互に接続性を有さない独立したネットワーク
 - 例) 広大な畑に展開されるセンサネットワーク
- Depot Router (DR) と呼ばれるネットワークの中心ノードが FR の移動経路を算出し、FR に経路を巡回させることで情報を収集

[2] T. Kitagawa, "Mobility-controlled flying routers for information centric networking," Master's thesis, Osaka University, Feb. 2017.

RMICN の課題

- RMICN はシミュレーションとその評価のみで実機では未実装
 - ドローン提供の API (ドローン API) を呼び出すことで、文献[2]で設計されている移動制御 API を実行する機構が未実装
- ドローンの実機、ドローン API および ICN フレームワークを用いた移動制御 API 実行機構の実装が課題

[2] T. Kitagawa, "Mobility-controlled flying routers for information centric networking," Master's thesis, Osaka University, Feb. 2017.

移動制御 API 実行における課題

- ドローンは移動制御 API を直接実行することが不可能
 - 移動制御 API: RMICN における FR の移動制御用 API
 - 例) Crawl: 複数の分断ネットワークへの巡回移動および各地点における滞在
- 移動制御 API のドローン API への変換が必須
 - ドローン API: 実際にドローンの移動を制御可能な API
 - 例) ドローンの指定地点への移動、滞在など

[2] T. Kitagawa, "Mobility-controlled flying routers for information centric networking," Master's thesis, Osaka University, Feb. 2017.

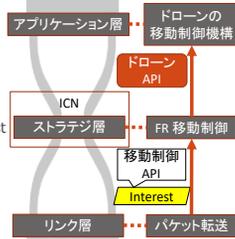
研究目的とアプローチ

- 研究目的
 - RMICN の実装に向けた移動制御 API 実行機構の実装
- アプローチ
 - ICN フレームワークとして NFD^[3] を使用
 - NFD (Named Data Networking Forwarding Daemon)
 - ICN パケットフォワードとして使用
 - Interest パケットのネーミングスキームを移動制御 API として使用
 - NFD のストラテジ層でドローン API を呼び出す処理を記述

[3] V. Jacobson, D. K. Smetters, J. D. Thornton, M. F. Plass, N. H. Briggs, and R. L. Brinnard, "Networking named content," in Proceedings of the 5th international conference on Emerging networking experiments and technologies, pp. 296-307, Oct. 2009.

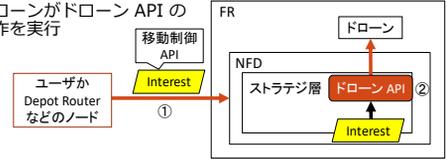
ネーミングスキーマとストラテジ層

- ネーミングスキーマ：パケットの名前の書式
 - 書式は任意に設定可能
 - 移動制御 API の名前を Interest のネーミングスキーマに付加
- ストラテジ層：パケット受信後に追加処理を定義可能な ICN レイヤ
 - 移動制御 API の名前を持つ Interest パケットを受信した際に、ドローン API の呼び出しを実行



移動制御 API 実行機構の動作

- ① ユーザが Depot Router などのノードが移動制御 API の名前を格納した Interest パケットを FR へ転送
- ② FR が移動制御 API 対応のドローン API の呼び出しを実行
- ③ ドローンがドローン API の動作を実行



使用機材、ツール一覧

機材	型番	説明
ドローン	3D Robotics Solo	プログラムによる制御可能、コントローラ付属、WiFi による通信可能、GPS 搭載
小型コンピュータ	Raspberry Pi 3 Mode B	5V1A で動作可能 (Solo から給電)、WiFi 搭載、NFD 等のツールをインストール済み
ツール	説明	
ndn-cxx 0.5.0	NDN のデータ構造やストラテジ層などを実装したライブラリ	
NFD 0.5.0	NDN パケットフォワード、ストラテジ層を実装済	
Dronekit-Python 2.0	ドローン API の言語	
Python 2.7.0	Dronekit-Python の言語	
C++ 11	ndn-cxx と NFD の言語	
Ubuntu 14.04 LTS	ユーザーノードの OS、NFD が正常に動作	
Raspbian Sep 2016	RPI の OS、NFD が正常に動作	

FR の外観



実機検証

- 移動制御 API の名前を格納した Interest パケットを FR に送信することで移動制御 API 実行機構の動作を確認
- 検証対象とする移動制御 API
 - FR の移動経路を生成する PathCreate
 - 移動経路に沿って移動する FNPathRun
- 三角形経路に沿って移動し、三つの頂点に滞在
 - PathCreate で三角形の移動経路を生成
 - FNPathRun で離陸、経路に沿って移動・滞在、着陸



実機検証



まとめと今後の課題

- まとめ
 - ICN は柔軟な制御が可能なネットワーク
 - 柔軟な制御に関する研究の一例として、移動ルータを用いた分断ネットワーク通信の例が挙げられる
 - その例では RMICN の実装は未完成
 - 本研究では移動制御 API の実行機構を実装
 - プロトタイプ移動制御 API の動作検証により、移動制御 API の実行機構を用いて FR の移動を制御可能であることを示した
- 今後の課題
 - 一台の FR を用いたセンサネットワーク通信の実現
 - 複数の FR を用いたセンサネットワーク通信の実現