

情報指向ネットワークにおける 自律移動可能なルータを用いた情報取得

北川 拓[†] 阿多 信吾^{††} 村田 正幸[†]

[†] 大阪大学 大学院情報科学研究科 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-5

^{††} 大阪市立大学 大学院工学研究科 〒558-8585 大阪府大阪市住吉区杉本 3-3-138

E-mail: [†]{t-kitagawa,murata}@ist.osaka-u.ac.jp, ^{††}ata@info.eng.osaka-cu.ac.jp

あらまし 情報指向ネットワークでは経路情報として用いるコンテンツ名の柔軟性の高さを利用し、様々な制御を含む柔軟なコンテンツ取得を実現することが可能である。しかし既存研究ではエンドノードおよび中継ルータにおけるデータ処理に関する制御が主として考えられており、機器の物理的な動作、特に実移動を伴う制御についてはあまり検討されていない。本稿では、中継ルータの物理的な移動を含めた経路制御を情報指向ネットワークに組み入れることを考え、Content-Centric Networking (CCN) ルータを搭載した Unmanned Air Vehicle (UAV) を用いることにより、取得不可能な遠隔地のコンテンツをその名前を指定するだけで取得可能とする新しい情報指向ネットワークアーキテクチャを提案する。また、CCN と UAV を組み合わせた飛行ルータの設計および開発を行い、分断ネットワークにおけるコンテンツ取得のための経路情報の作成、交換手法などについて設計する。さらに、飛行ルータのプロトタイプを製作し、簡便な分断ネットワークにおける基礎実験を行うことで提案方式の有効性について検証する。

キーワード 情報指向ネットワーク (CCN), ルーティング, UAV, 自律制御, 分断ネットワーク

Retrieving Information with Autonomously Moving Router in Information-centric Network

Guide to the Technical Report and Template

Taku KITAGAWA[†], Shingo ATA^{††}, and Masayuki MURATA[†]

[†] Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University 1-5 Yamadaoka, Suita, Osaka, 565-0871, Japan

^{††} Graduate School of Engineering, Osaka City University 3-3-138 Sugimoto, Sumiyoshi-ku, Osaka-shi, Osaka 558-8585, Japan

E-mail: [†]{t-kitagawa,murata}@ist.osaka-u.ac.jp, ^{††}ata@info.eng.osaka-cu.ac.jp

Abstract Information-Centric Networking (ICN) enables retrieval of content with various control using the great flexibility of content name, which is treated as routing information. In existing research, however, data processing on end nodes or routers is mainly considered, hence control with physical behavior, especially movement of devices, is not considered so much. This paper considers to incorporate physical movement of routers into routing control in ICN, and proposes novel architecture of ICN that makes it possible to retrieve unretrievable remote content by only specifying its name with Unmanned Air Vehicle (UAV) for mounting Content-Centric Networking (CCN) router. Moreover, this paper designs and develops Aerial Router (AR), which combines UAV and CCN router, and designs method on generating and exchanging routing information for decoupling network. In addition, this paper examines efficacy of the proposed method by carrying out basic experiment using a prototype of AR in simple decoupling network.

Key words Information-centric Networking (CCN), routing, UAV, autonomous control, decoupling network

1. はじめに

情報指向ネットワークは、コンテンツ指向の通信形態を実現する新しいネットワークアーキテクチャとして、ポストインターネットの研究において注目されている。情報指向ネットワークでは目的のコンテンツの取得を行いたい場合、そのコンテンツ名自身をパケットの宛先アドレスとして用い、コンテンツ名による経路制御を行うことでコンテンツ指向型の通信形態を実現する。コンテンツ名による経路制御は、コンテンツとその保有ノードの結合性を解消し、コンテンツの独立性および可搬性の向上、さらに任意の位置でのコンテンツキャッシュを可能とすることによる通信性能の大幅な効率化が期待されており、現在多くの研究が遂行されている。

さらに近年ではコンテンツの「名前」という経路制御識別子としての高い柔軟性を利用し、Voice over CCN (VoCCN) [1] や Dash over CCN [2] など、コンテンツ名にコンテンツへの制御情報を含めた柔軟なコンテンツ取得を行う研究が行われている。このように、情報指向ネットワークでは経路制御およびノード処理をシームレスに行うことを含めた柔軟なコンテンツ取得を提供することが可能となるが、既存研究ではエンドノードおよび中継ルータにおけるデータ処理に関する制御が主として考えられており、機器の物理的な動作、特に実移動を伴う制御についてはあまり検討されていない。本稿では、中継ルータの物理的な移動を含めた経路制御を情報指向ネットワークに組み入れることを考える。コンテンツ名の指定だけで中継ルータの物理移動を含めた経路制御が可能になることで、相互に接続されていない独立ネットワーク間での情報共有が実現できる。

本稿の構成としては、まず2章で関連研究について述べ、3章でルータの実移動を伴う情報指向ネットワークを提案する。そして4章で提案したネットワークアーキテクチャの設計と実装について述べ、5章では製作した空中ルータのプロトタイプを用い、簡便な分断ネットワークでコンテンツを取得する基礎実験を行う。最後に6章でまとめと今後の課題について述べる。

2. 関連研究

CCN では名前を経路制御識別子としており、その定義空間の広さや意味付与の簡便さといった観点から、コンテンツ名をルーティングだけでなく制御情報としても利用する研究が多くなされている。文献[1]に挙げられている VoCCN は VoIP を CCN 上に実現したものであり、VoIP における SIP を用いた音声リンクの確立をコンテンツ名で表現することで可能としている。これにより VoIP で必要であった制御用の経路と音声データ用の経路を一本化することができ、通話するという目的をシンプルに達成することができる。文献[2]に挙げられている Dash over CCN はストリーミング配信に CCN を適用したものであり、Interest をセグメント毎に送信することでセグメント単位で動画・音声のビットレートや解像度等を変更することが可能となる。これにより、ネットワークの輻輳状態によってコンテンツの品質を柔軟に変更することができる等、利用効率の向上が期待される。

このように CCN は IP では困難なネットワーク層における柔軟な制御を可能とするが、既存の研究の多くは各ノードにおけるデータ処理に関する制御が主として考えられており、機器の物理移動を伴う制御についてはあまり検討されていない。本稿で提案する自律移動可能なルータは CCN における新たな制御の可能性を示すと同時に、分断ネットワークにおいて CCN の利点を活かした効率的な情報流通基盤を担うと考えられる。

分断ネットワークにおける情報流通基盤としては現在 DTN に関する研究が盛んに行われている。文献[3]では資源制約の強いデバイス上で DTN のルーティングを行うためのプロトコル設計およびオープンビーコンタグを用いた実装実験が行われており、文献[4]では災害時に分断された独立ネットワークを UAV がランダムに巡回することで検知し、DTN プロトコルを用いて独立ネットワーク間でのデータコピーを行っている。

ところが DTN はあるノードと通信できるようになれば通信する、といった受動的な通信プロトコルであるため、本質的に経路制御するものでなく、経路制御の最適化を図ることができない。一方で本稿で提案するルータの実移動を伴う情報指向ネットワークではルータの能動的な移動制御が可能であり、さらに情報指向ネットワークの利点であるキャッシングやコンテンツ名の応用等によって、コンテンツ転送の最適化が可能となる。これにより分断ネットワークにおけるメッセージ到達率・到達時間といった通信性能の向上はもちろん、災害時等において高いメッセージ普及率を達成することも可能となる。

3. ルータの実移動を伴う情報指向ネットワーク

3.1 提案ネットワークの概要

本稿で想定する環境は、通信インフラの未整備や災害等によって相互接続性をもたない、あるいは相互接続性をもたなくなったネットワークが図1のように物理的に分散して独立している状況である。各独立ネットワークは主として無線 LAN で構成されており、その中心となるゲートウェイ (GW) とそれに接続されているノード、あるいは Network 0 のようにホストのみによって構成されている。すなわち、想定する分断ネットワークはゲートウェイを中心として構成される独立ネットワーク (Intra-region Network) とその独立ネットワークを相互接続するための地点間ネットワーク (Inter-region Network) の2階層により構成されるものとし、本稿ではこの地点間ネットワークを CCN ルータと UAV を組み合わせた飛行ルータ (Aerial Router : AR) により実現する。飛行ルータの動作は、地点間ネットワークにおけるルーティングに必要な経路情報を収集する巡回モードと、実際に地点間ネットワークにおいてコンテンツをルーティングする配送モードから構成される。図2に飛行ルータにおける巡回モードと配送モードの動作概要を示す。巡回モードでは地点間ネットワークを巡回することで各独立ネットワークのゲートウェイにて収集されている経路情報を収集し、地点間ネットワークにおける経路情報の生成を行う。そして配送モードでは巡回モードで生成した経路情報を参照することにより、実際に地点間ネットワークにてコンテンツのルーティングを行う。

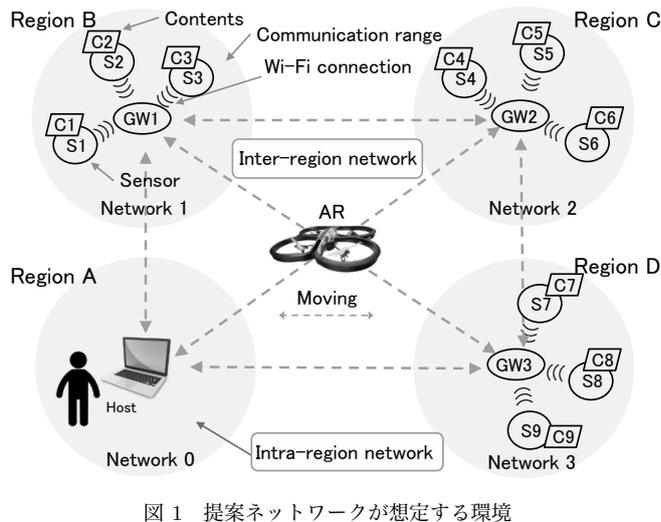


図 1 提案ネットワークが想定する環境

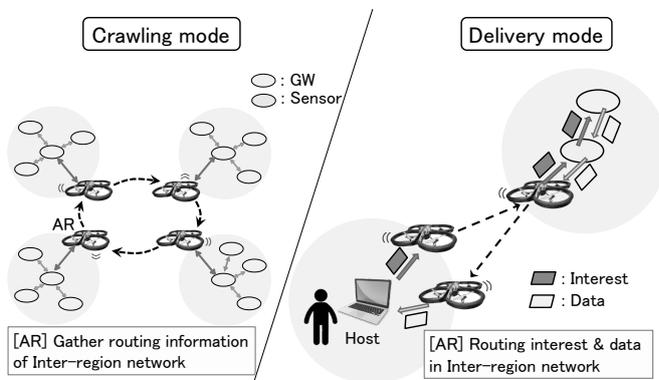


図 2 飛行ルータにおける巡回モードと配送モードの動作概要

3.2 提案ネットワークにおける経路情報

3.2.1 経路情報の定義

本項では独立ネットワークと地点間ネットワークにおいてシームレスな名前ベースルーティングを行うための経路情報について定義する。本稿ではこの地点間ネットワークのルーティングの実現のために、飛行ルータにおいて Forwarding Information Base (FIB) および Pending Interest Table (PIT) の次ホップに独自の移動制御用インターフェイスを用いることを提案する。これにより、あるコンテンツ名を含む Interest および Data の宛先ノードが自身のネットワークに存在しない時、宛先ノードの位置まで物理的に移動する処理を仲介させることが可能となる。具体的な移動処理については、提案する移動制御用インターフェイスの ID に対しその移動先として各独立ネットワークを構成するゲートウェイの緯度経度を対応付けたインターフェイステーブルを用いることを行う。

このように、既存の CCN ルーティングを拡張する形によってルータの移動制御を行うことで、ユーザはコンテンツの提供場所がネットワーク的に接続されているかどうか意識することなく、通常の CCN ネットワークと同様の手順でシームレスにコンテンツを取得することが可能となる。また、ここで述べる移動制御用インターフェイスとは飛行ルータで動的に生成される仮想的なものであり、独立ネットワークの数が増えても

柔軟に対応できることや、本稿において CCN の実装に用いる CCNx [5] のアーキテクチャを変更せず移動制御を加えられること等が利点となる。

3.2.2 経路情報の生成方法

本項では分断ネットワークにおける移動制御を含めた経路情報の生成方法について示す。各独立ネットワークにおけるゲートウェイは自ネットワークに接続されているノードが保持しているコンテンツの情報を問い合わせ、その独立ネットワークにおける FIB を生成する。一方で飛行ルータは巡回モードにおいて各独立ネットワークがどのようなコンテンツを有するのかわ、地点間ネットワークを巡回して各ゲートウェイと経路情報の交換を行うことにより収集する。経路情報の交換は、飛行ルータが各独立ネットワークに接続された時に行われ、ゲートウェイの緯度経度と収集したコンテンツリスト（すなわち FIB エントリ）を受け取り、飛行ルータは地点間ネットワークにおける FIB 及び移動制御に用いる仮想インターフェイスのテーブルを更新する。例として、図 1 の分断ネットワークを対象とした巡回モードの動作を図 3 に示す。図 3 では飛行ルータが Network 0, Network 1, Network 2, Network 3 の順で各独立ネットワークに接続した場合を仮定しており、飛行ルータは各独立ネットワークに接続される度にゲートウェイの緯度経度 (Loc) とそのゲートウェイが所持する FIB エントリを取得し、自身の FIB とインターフェイステーブルを図のように更新していく。このとき、自身の FIB に登録するコンテンツの次ホップには緯度経度を取得したゲートウェイに対応付けられた仮想インターフェイスの ID を用いる。

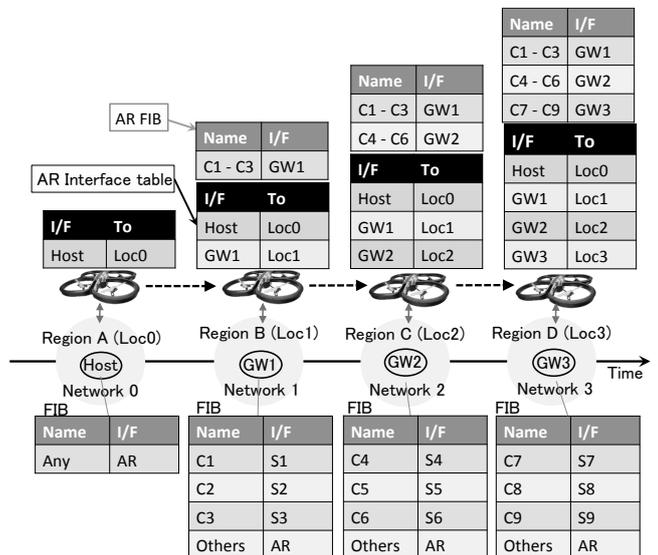


図 3 巡回モードにおける経路情報の生成例 (図 1 の環境)

3.3 提案ネットワークにおけるコンテンツの取得

本節では地点間ネットワークを介したコンテンツの取得方法について議論する。各独立ネットワークのゲートウェイは Interest を受信した際に自ネットワークにそのコンテンツ (目的コンテンツ) がなければ飛行ルータに Interest を送信する。Interest を受信した飛行ルータは配送モードへと移行し、自身

の FIB とインターフェイステーブルを参照して目的コンテンツのあるネットワークに移動・接続することで目的コンテンツを得る。そして飛行ルータは目的コンテンツの Data を受信すると、今度は PIT とインターフェイステーブルを参照し、コンテンツ要求のあったネットワークに戻り Data をコンテンツ要求ホストに返送する。図 4 は図 1 の Region A にいるホストがコンテンツ C8 を取得する手順について示したものである。

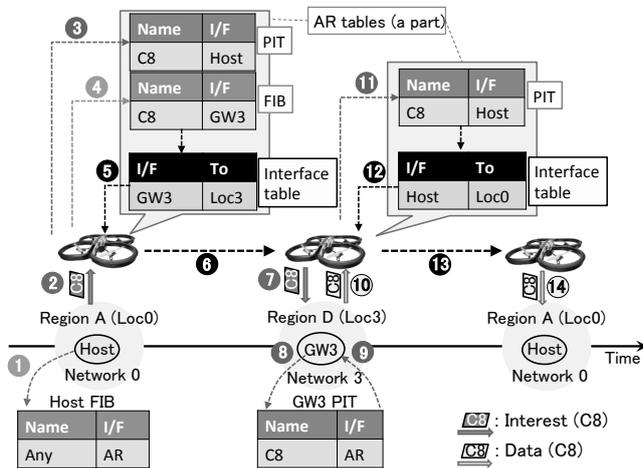


図 4 配送モードにおけるコンテンツ取得の流れ (C8 を取得する例)

4. 提案ネットワークの設計および実装

4.1 飛行ルータの設計

UAV に小型のコンピュータを搭載し、CCN におけるルーティングと UAV の移動制御をそのコンピュータ上で行うことで自律移動可能な CCN ルータを実現する。本節では地点間ネットワークの移動制御に用いる仮想インターフェイスとして仮想プロキシ方式を提案・設計し、さらに飛行ルータにおける巡回モードと配送モードの動作についても設計する。

4.1.1 仮想プロキシ方式の設計

飛行ルータは自己位置推定と機体移動を組み合わせることで目的地を入力とする自律移動制御を行うが、CCN のルーティングテーブル (FIB/PIT) とこの自律移動制御を連携させる仮想インターフェイスとして本稿では仮想プロキシ方式を提案する。図 5 に仮想プロキシ方式の動作概要を示す。

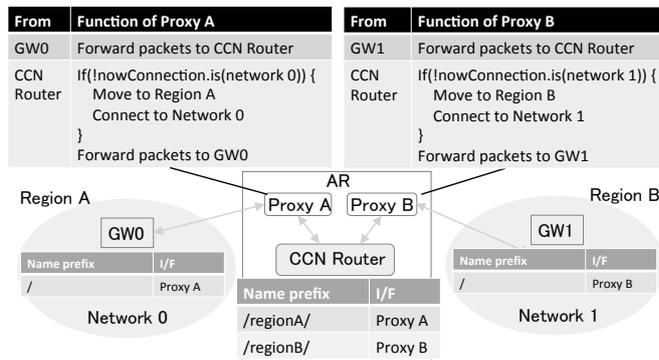


図 5 仮想プロキシ方式の動作概要

仮想プロキシは分断ネットワーク全体で検知された独立ネッ

トワークの数だけ飛行ルータ上に立ち上げられ、各独立ネットワークに対し 1 つのプロキシが飛行ルータとの通信を専属して仲介する。各プロキシは自身に送られてきたパケットの送信元情報のみを参照し、送信元が担当のネットワークであれば飛行ルータ内の CCN ルータに、飛行ルータ内の CCN ルータであるならば担当のネットワークにパケットを転送する。このとき飛行ルータが担当のネットワークに接続されていなければ自律移動制御モジュールにより担当ネットワークに接続できる地点 (ネットワークを構成しているゲートウェイの緯度経度) まで移動してからパケットの転送を行う。

4.1.2 巡回モードにおける動作設計

巡回モードでは飛行ルータは分断ネットワーク全体をランダムに飛行し、独立ネットワークのゲートウェイが発する無線電波を検知するとそのゲートウェイとの接続を確立する。そして接続が確立され次第ゲートウェイの緯度経度を取得し、その独立ネットワークと飛行ルータにおける CCN 機構の通信を仲介する新たな仮想プロキシを設定する。またこのとき、ゲートウェイからその独立ネットワーク内にあるコンテンツリストを取得し、自身の FIB エントリとしてそれらの登録も行う (登録したコンテンツ名に対する次ホップは新たに設定された仮想プロキシとする)。なお検知した独立ネットワークに対する仮想プロキシが既に確立されていた場合においても、独立ネットワーク内の経路情報が更新されていれば自身の FIB も更新する。

4.1.3 配送モードにおける動作設計

配送モードでは分断ネットワークにおけるコンテンツの取得を行うが、通常のネットワーク利用では宛先が同一であるパケットが連続して送信されるケースが考えられる。このため配送モードでは仮想プロキシにてパケットのバッファリング機能を提供する。バッファリング機能はあるパケットの宛先ネットワークが飛行ルータと接続されていないとき、各仮想プロキシにパケットが N 個バッファされてからそれぞれ自律移動制御を開始するものである。また、バッファリング機能によってパケットの送受信が頻繁に行われないネットワークにて飛行ルータが長時間待機することがないように仮想プロキシにおいて担当ネットワークに対する最大接続時間を設ける。この最大接続時間は、仮想プロキシが担当ネットワーク宛での最初のパケットを受信してから T 秒経過していれば自律移動制御を開始するものである。これらのバッファリング機能と最大接続時間の設定により地点間ネットワークにおける飛行ルータの移動回数の低減ならびにコンテンツ取得時間の短縮が期待される。また、各プロキシによる移動処理が同時期に重なった場合には移動処理のスケジューリングにより排他制御を行う。

4.2 提案ネットワークの実装

本節では提案したネットワークの実装を行う。なお本稿では基礎的な検証実験を想定しており、分断ネットワークにおいてコンテンツを取得できることを簡便に確認するため、飛行ルータにおける仮想プロキシ (4.1.1 項) および配送モード (4.1.3 項) のみを実装の対象とする。

4.2.1 飛行ルータの実装構成

飛行ルータに用いる UAV には AR.Drone 2.0 Power Edi-

tion [6] を使用する. AR.Drone には AP (Access Point) が搭載されているため, 本稿では地点間ネットワークの構成, すなわち飛行ルータと独立ネットワークにおけるゲートウェイの接続にこの AP を用いる. また, AR.Drone 上に搭載する小型のコンピュータとしては Raspberry Pi Model B+ [7] を採用し, CCN の通信および AR.Drone の移動制御を行う. また, CCN の通信の実現には CCNx [5] を用いる. CCNx では FIB/PIT における宛先インターフェイスとして IP アドレスとポート番号の組を使用しているため, このポート番号を飛行ルータにおける仮想プロキシの ID として用いることで提案手法を実装する.

飛行ルータの具体的な構成図を図 6, 実際の外観を図 7 に示し, 使用するソフトウェアについて表 1 にまとめる. Raspberry Pi については AR.Drone の USB 端子から電源を供給し, USB 型無線 LAN ドングルを用いて AR.Drone の AP と接続することにより, CCNx に関する通信, AR.Drone に対する制御信号の送信, そして制御に必要な AR.Drone のステータス情報の受信を行う. また, AR.Drone の自己位置推定には Raspberry Pi に装着した USB-GPS ドングル (GT-740FL) から得た緯度経度を使用し, 開発言語には全て Java を用いる.

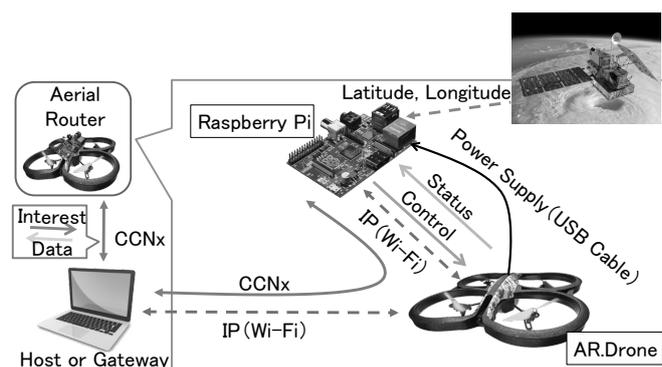


図 6 飛行ルータの構成図



図 7 飛行ルータの外観

4.2.2 仮想プロキシの実装

仮想プロキシは担当の独立ネットワークにおけるゲートウェイ

表 1 飛行ルータのソフトウェア仕様

Raspbian	Raspberry Pi 用に開発された Debian ベースの Linux OS. 2014-12-24-wheezy-raspbian を使用.
Java	飛行ルータの開発言語. JDK 8u31 を使用.
CCNx for Java	CCNx の Java 実装. Version 0.8.2 を使用.
ARDroneForP5 [8]	AR.Drone の Processing 用制御 API. Java 用に変換・リビルドして使用.

と飛行ルータの CCNx デーモン (仮想的な CCN ルータ, ccnd と呼ばれる) の通信を中継し, ccnd からパケットを受信した場合は担当の独立ネットワークに移動・接続し, 受信したパケットを転送する. ここで配送モードにおける効率的なルーティングのために担当ネットワークに接続されていない状態であれば ccnd から受信したパケットをある一定数 N までバッファリングする (担当ネットワークに接続されている場合はバッファリングせずにそのまま転送する). また CCNx の通信について, トランスポート層プロトコルには UDP を使用し, 断続的に通信できるようにコネクションレスの通信を行う. 仮想プロキシ (Proxy クラス) は ccnd からパケットを受信すると現時点で接続されているネットワークを参照し, 自身の担当するネットワークが現在接続されているネットワークであれば担当ネットワークのゲートウェイにパケットを中継, そうでなければ受信したパケットをバッファに格納する. そして格納したパケットの数が N に達するか, 1 つ目のパケットを受信してから T 秒経過した場合に仮想プロキシは移動制御を開始する. 仮想プロキシは移動処理を終えると担当ネットワークに接続したかどうかを確認し, 接続されるまで待機する. 担当ネットワークへの接続が完了すると仮想プロキシはバッファされたパケットを担当ネットワークに転送する.

4.2.3 自律移動制御の実装

本項では飛行ルータにおける自律移動制御の実装方法について述べる. 自律移動制御のアルゴリズムは風等の外乱を考慮した上で目的地の方角に向かって直進するシンプルなものである. なお, 飛行ルータは自律移動制御に必要な AR.Drone の現在位置と現在の方角について, 現在位置は USB-GPS ドングルから 1 秒毎に受信した NMEA データをパースすることで更新し, 現在の方角は AR.Drone のステータス情報 (navdata) に含まれる Attitude の Yaw 値を数百ミリ秒単位で取得することで更新する. また, 複数の仮想プロキシによる移動委託が同時に重なった場合は First-Come First-Serve (FCFS) に基づいてスケジューリングを行う.

5. 実験ネットワークにおける動作検証

本章では実装したネットワークの動作検証を行うため, 簡便な実験ネットワークを用い地点間ネットワークのルーティングが正しく行われることを確認する.

5.1 実験環境

地点間ネットワークにおけるルーティングが正しく行われることを確認するため, 大阪大学吹田キャンパスの空き地におい

て遠隔コンテンツの取得実験を行った。以下では具体的な実験環境について述べる。

実験では、図 8 のように直接無線通信が不可能な Region A と Region B (距離差およそ 50 m) にそれぞれ 1 台ずつノードを設置し (Node A と Node B とする)、自律移動可能な飛行ルータを介することで両者間で CCN による通信が可能であることを検証する。コンテンツの公開および取得に用いるアプリケーションにはそれぞれ CCNx で提供されている ccnputfile, ccngetfile を用い、コンテンツとしては 4 kB 程度の画像ファイル (apple.jpg) を使用する。なお、Node A と Node B には CCNx のインストールされた Raspberry Pi B+ を用いる。

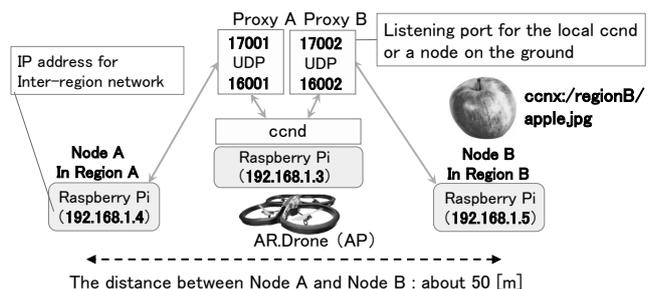


図 8 検証実験に用いる地点間ネットワーク

5.2 実験方法

最初に実験の準備として、Node B において ccnputfile を実行し、apple.jpg を「ccnx:/regionB/apple.jpg」という名前で Node B のリポジトリに登録することでネットワークに公開する。その後 Node A において Node B (192.168.1.5) 宛てに ping コマンドを実行して両者が接続されていないことを確認し、ccngetfile によってコンテンツ名「ccnx:/regionB/apple.jpg」を要求する Interest を生成する。検証実験では Region A にてノート PC から AR.Drone の AP を介して Node A の Raspberry Pi にリモートデスクトップ接続を行い、上記のルーティングを経て最終的に受信した apple.jpg が画面に表示されることを確認する。なお、検証実験で用いる仮想プロキシの各種定数は $N = 10$ [個], $T = 1$ [s] とする。

5.3 実験結果

Node A から Node B に ping コマンドを実行し、Node A (192.168.1.4) と Node B (192.168.1.5) には接続性がないことを確認した後、ccngetfile の実行によって飛行ルータが離陸し、Region B まで移動した後、再び Region A に戻ってきて着陸することを確認した。このときの Node A の出力画面を図 9 に示す。図中の「Retrieved content apple.jpg got 3872 bytes.」という ccngetfile のメッセージは 3872 バイトの apple.jpg を受信したことを示しており、また apple.jpg が画面表示されていることから地点間ネットワークにおけるコンテンツルーティングおよび遠隔コンテンツの取得に成功していることがわかる。

これらの結果から、本稿で提案した飛行ルータを擁する分断ネットワークにおいて、ネットワーク接続環境下でないコンテンツをコンテンツ名によるルーティングによってシームレスに取得できることがわかった。

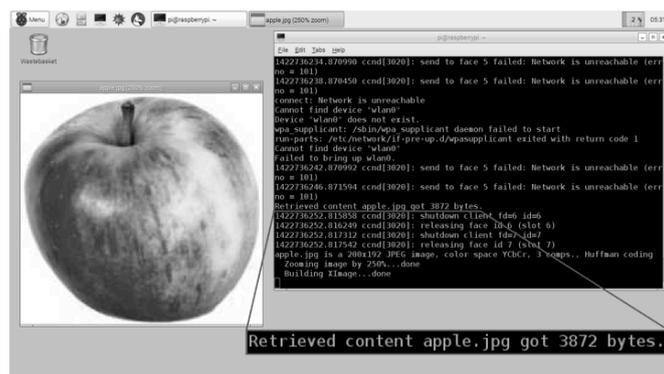


図 9 飛行ルータ帰着時における Node A の出力画面

6. おわりに

本稿では情報指向ネットワークにおけるルーティングの柔軟性に着目し、CCN ルータに通常の経路制御だけでなく物理的な移動制御を加える新たな通信基盤を提案した。ルータが物理的に移動することで、分断ネットワークにおいて広域なコンテンツルーティングが可能となり、災害あるいはインフラ未整備等によって通信できない複数地点で情報交換することが可能となる。そして提案ネットワークを実現するために、飛行ルータや独立ネットワークにおけるゲートウェイ、そしてルータの移動制御を実現させるための仮想プロキシ方式を設計・実装し、簡便な実験ネットワークを用いて設計したネットワークが実現可能であることを確認した。

今後の課題としては、複数のパケットを処理するスケジューリングやルータの移動制御を含めた経路制御の最適化、複数の飛行ルータを用いた効率的な通信手法を実現するための名前構造の提案等が考えられる。

文 献

- [1] V. Jacobson, D.K. Smetters, N.H. Briggs, M.F. Plass, P. Stewart, J.D. Thornton, and R.L. Braynard, “VoCCN: Voice-over Content-Centric Networks,” Proceedings of the 2009 Workshop on Re-architecting the Internet, pp.1–6, Dec. 2009.
- [2] Y. Liu, J. Geurts, J.-C. Point, S. Lederer, B. Rainer, C. Muller, C. Timmerer, and H. Hellwagner, “Dynamic adaptive streaming over CCN: a caching and overhead analysis,” Proceedings of 2013 IEEE International Conference on Communications (ICC), pp.3629–3633, June 2013.
- [3] K. Massri and A. Vitaletti, “DTN routing protocols on resource constrained devices: Design, implementation and first experiments,” Proceedings of 2013 21st International Conference on Software and Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM), pp.1–5, Sept. 2013.
- [4] N. Uchida, N. Kawamura, T. Ishida, and Y. Shibata, “Resilient Network with Autonomous Flight Wireless Nodes based on Delay Tolerant Networks,” IT Convergence Practice (INPRA), vol.2, no.3, pp.1–13, Sept. 2014.
- [5] PARC, “CCNx,” Oct. 2014. <http://www.ccnx.org/>
- [6] Parrot, “AR.Drone 2.0 Power Edition,” Oct. 2014. <http://ardrone2.parrot.com/>
- [7] R.P. Foundation, “Raspberry Pi B+,” Oct. 2014. <http://www.raspberrypi.org/>
- [8] E. Navi, “ARDroneForP5,” Oct. 2014. <http://kougaku-navi.net/ARDroneForP5/>