

Osaka University

**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**

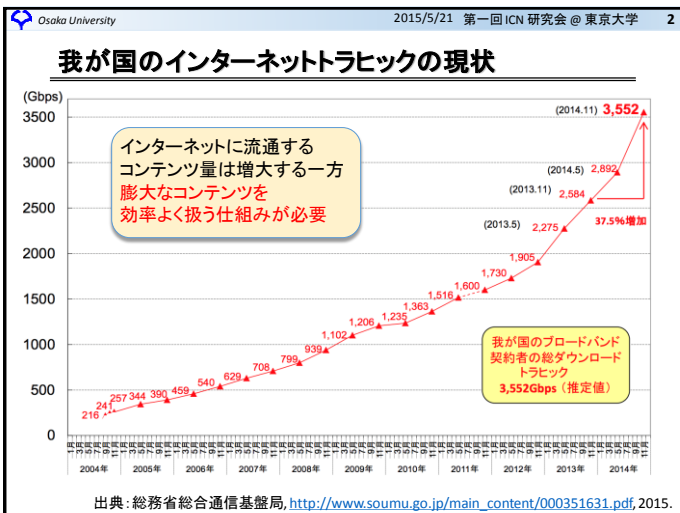
北川拓[†] 阿多信吾[‡] 村田正幸[†]
[†] 大阪大学 大学院情報科学研究科
[‡] 大阪市立大学 大学院工学研究科

2015/5/21 第一回 ICN 研究会 @ 東京大学

Osaka University 2015/5/21 第一回 ICN 研究会 @ 東京大学 1

発表内容

- 情報指向ネットワークの必要性 / CCN とは
- 自律移動可能なルータを擁する情報指向ネットワーク
 - 研究背景と目的
 - 分断ネットワークにおけるネットワーク構成の提案・設計
 - 自律移動可能なルータの実装
 - 検証用分断ネットワークを用いた基礎実験
 - まとめと今後の課題



Osaka University 2015/5/21 第一回 ICN 研究会 @ 東京大学 3

情報指向ネットワーク

- 情報を主体とした新しいネットワークパラダイム
 - 現在のネットワークの利用形態は **情報指向**
 - Web, 音楽・動画配信サービス等
 - 現在のネットワーク構成は **ロケーション指向**
 - インターネット (IP) ... 端末毎に経路識別子を付与

ネットワークの利用形態と構成の乖離

↓

利用形態に合致した情報指向のネットワークアーキテクチャによって膨大な量の情報を効率的に扱う

Osaka University 2015/5/21 第一回 ICN 研究会 @ 東京大学 4

Content-Centric Networking (CCN)

- 情報指向ネットワークの設計の一つ
 - PARC (Xerox の研究機関) により提案
 - 経路識別子として **コンテンツの名前** を使用
 - 2 種類のパケットの交換によって通信を実現
 - **Interest パケット**
 - コンテンツを要求するためのパケット
 - **Data パケット**
 - Interest パケットに対応するコンテンツを含むパケット

Interest packet	
Content Name	
Selector (order preference, publisher filter, scope, ...)	
Nonce	

Data packet	
Content Name	
Signature (digest algorithm, witness, ...)	
Signed Info (publisher ID, key locator, stale time, ...)	
Data	

Figure 2: CCN packet types
出典: V. Jacobson, et. al, "Networking Named Content," ACM CoNEXT 2009.

Osaka University 2015/5/21 第一回 ICN 研究会 @ 東京大学 5

CCN の基本動作 - ルーティング

- 2 つのテーブルを用いた経路制御
 - **Forwarding Information Base (FIB)**
 - Interest パケットのフォワーディング
 - IP における経路表と同等の役割
 - **Pending Interest Table (PIT)**
 - Interest の送信元インターフェイスを記録
 - Data パケットのフォワーディング

FIB	
Content-name	Face
/fruit/apple.jpg	A
/fruit/apple.jpg	C

PIT	
Content-name	Face
/fruit/apple.jpg	B
/fruit/apple.jpg	D

Osaka University 2015/5/21 第一回ICN研究会@東京大学 6

CCNの基本動作-キャッシング

- 中継ノードでのコンテンツのキャッシングが可能
 - Content Store (CS)
 - ノード毎の Data パケットを保存しておく領域
 - ノードは Data パケットを受信すると CS にストア
 - 受信した Interest パケットに対応する Data パケットが CS に存在する場合、そのキャッシュされた Data を返送

Osaka University 2015/5/21 第一回ICN研究会@東京大学 7

発表内容

- 情報指向ネットワークの必要性 / CCN とは
- 自律移動可能なルータを擁する情報指向ネットワーク
 - 研究背景と目的
 - 分断ネットワークにおけるネットワーク構成の提案・設計
 - 自律移動可能なルータの実装
 - 検証用分断ネットワークを用いた基礎実験
 - まとめと今後の課題

Osaka University 2015/5/21 第一回ICN研究会@東京大学 8

コンテンツ名の柔軟性を制御に活用した既存研究

- 経路識別子はルーティングだけでなく様々な制御に応用可
 - Voice over CCN (VoCCN) [1]
 - Voice over IP (VoIP) を CCN 上で実現
 - 音声リンクの確立に必要な制御情報をコンテンツ名で表現
 - 例) /domain/sip/bob/invite/E_{pkB}(sk)/E_{sk}(SIP INVITE message)
 - Dynamic Adaptive Streaming over CCN [2]
 - セグメント単位のストリーミングを CCN 上で実現
 - メディアのビットレートや解像度をコンテンツ名で表現
 - 例) ccnx:/DASC/http/www-itec.uni-klu.ac.at/BigBuckBunny/bunny_2s/bunny_2s_150kbit/bunny_2s1.m4s

既存研究ではアプリケーションにおけるデータ制御に応用されることがメイン

[1] V. Jacobson, et al., "VoCCN: Voice-over Content-Centric Networks," ACM ReArch 2009.
[2] Y. Liu, et. al., "Dynamic adaptive streaming over CCN: a caching and overhead analysis", IEEE ICC 2013.

Osaka University 2015/5/21 第一回ICN研究会@東京大学 9

CCNにおける新たな制御の可能性

- コンテンツ取得の柔軟性をもち他に应用できないか?
- 機器の物理的制御, 特に**移動制御**は未開拓

経路制御を拡張し, ルータの自律移動を伴うコンテンツルーティングを実現する

- 自律移動可能なルータを擁する CCN のメリット
 - 相互接続性のないエリア間(分断ネットワーク)で通信可能
 - 移動制御を含めたルーティングの最適化が可能
 - 複数の自律移動型ルータの連携
 - CCN のキャッシングを利用した移動時間・距離の短縮
 - コンテンツタイプによるルーティングの優先付け

Osaka University 2015/5/21 第一回ICN研究会@東京大学 10

発表内容

- 情報指向ネットワークの必要性 / CCN とは
- 自律移動可能なルータを擁する情報指向ネットワーク
 - 研究背景と目的
 - 分断ネットワークにおけるネットワーク構成の提案・設計
 - 自律移動可能なルータの実装
 - 検証用分断ネットワークを用いた基礎実験
 - まとめと今後の課題

Osaka University 2015/5/21 第一回ICN研究会@東京大学 11

動くルータとして“ドローン”を採用

- 小型の無人航空機
- 多様な応用ができるとして注目
 - アマゾンのドローンによる商品配達
 - 災害時などでの状況把握, ニュース撮像
 - ドイツの離島向け医薬品運送サービス

ルータとしてドローンを用いれば分断ネットワーク等において地形に左右されずに接続性を提供可

Osaka University 2015/5/21 第一回ICN研究会@東京大学 12

想定する分断ネットワーク

- 相互に通信不可な **独立ネットワーク** が分散している状況
- ドローンに CCN ルータを搭載した **飛行ルータ** が移動することで **地点間ネットワーク** を構成し、独立ネットワーク間で通信

各独立ネットワークの通信可能エリア
GW 各独立ネットワークを構成するゲートウェイ
コンテンツを保有するセンサノード等
コンテンツ
802.11 接続
飛行ルータ (Aerial Router)

Osaka University 2015/5/21 第一回ICN研究会@東京大学 13

地点間ネットワークにおける経路制御手法の提案

- **仮想プロキシ方式**
 - FIB / PIT の Face に適用可能な移動制御用仮想 I/F
 - 独立ネットワークの数だけ飛行ルータ上に設定
 - 各プロキシは担当の独立ネットワークと CCN ルータとの通信を仲介し、CCN ルータからパケットを受信した場合に担当の独立ネットワーク(各ゲートウェイの緯度経度)に移動

- CCN 通信基盤を変更せずに 移動制御を含むルーティングに拡張が可能
- 仮想的な I/F であるため 独立ネットワークの数の変更に対応可能

Osaka University 2015/5/21 第一回ICN研究会@東京大学 14

仮想プロキシ方式の動作例

■ GW0 から Network 1 宛てのインタレストパケットが送信された場合

From	Function
GW0	Forward packets to CCN Router
CCN Router	If(InowConnection.is(network0)) { Move to Region A } Connect to Network 0 } Forward packets to GW0
GW1	Forward packets to CCN Router
CCN Router	If(InowConnection.is(network1)) { Move to Region B } Connect to Network 1 } Forward packets to GW1

ルータの移動

Content-name prefix	Face
/	Proxy A
/regionA/	Proxy A
/regionB/	Proxy B

Osaka University 2015/5/21 第一回ICN研究会@東京大学 15

飛行ルータにおける動作モード

- 巡回モード (Crawling mode)
 - 分断ネットワークを巡回し、各独立ネットワークの経路情報と GW の位置情報を収集。仮想プロキシを設定
- 配送モード (Delivery mode)
 - 地点間ネットワークのルーティングを行いコンテンツを配送

[AR] Gather routing information In Inter-region network
[AR] Routing interest & data packet In Inter-region network

Osaka University 2015/5/21 第一回ICN研究会@東京大学 16

巡回モードの例

■ 地点間ルーティングに必要な経路情報を収集

Name	Proxy
C1 - C3	GW1
C4 - C6	GW2
C7 - C9	GW3

Proxy	To
Host	Loc0
GW1	Loc1
GW2	Loc2
GW3	Loc3

Osaka University 2015/5/21 第一回ICN研究会@東京大学 17

配送モードの例

■ Host がコンテンツ C8 を取得するための地点間ルーティング

通常取得できない遠隔地のコンテンツを取得

Name	Face
Any	AR

Osaka University 2015/5/21 第一回ICN研究会@東京大学 18

発表内容

- 情報指向ネットワークの必要性 / CCN とは
- 自律移動可能なルータを擁する情報指向ネットワーク
 - 研究背景と目的
 - 分断ネットワークにおけるネットワーク構成の提案・設計
 - 自律移動可能なルータの実装
 - 検証用分断ネットワークを用いた基礎実験
 - まとめと今後の課題

Osaka University 2015/5/21 第一回ICN研究会@東京大学 19

飛行ルータの実装(ハードウェア)

- ドローンに小型コンピュータを搭載して飛行ルータを実現
 - ドローンとして AR.Drone を使用
 - 802.11 経由で制御可能なクアッドコプター
 - 地点間ネットワークの AP (Access Point) としても使用
 - CCN および AR.Drone の制御には Raspberry Pi を使用
 - 軽量 (50 g 程度) な汎用コンピュータ
 - 電源は AR.Drone の USB 端子から供給



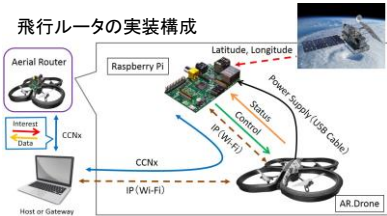
飛行ルータの外観

使用する HW	用途
AR.Drone 2.0 Power Edition	飛行ルータの移動体 地点間ネットワークの AP
Raspberry Pi B+	CCN ルータ AR.Drone の自律制御
USB GPS アダプタ	飛行ルータの自己位置推定
USB Wi-Fi アダプタ	Raspberry Pi の無線接続

Osaka University 2015/5/21 第一回ICN研究会@東京大学 20

飛行ルータの実装(ソフトウェア)

- CCN の実装には CCNx を使用
 - PARC による CCN のリファレンス実装
 - 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
 - ホスト番号によって飛行ルータ内の仮想プロキシを識別



飛行ルータの実装構成

使用する SW	
Java	システムの開発言語
CCNx for Java	CCN の Java 用実装
RXTX for Java	GPS データの読み込み みに使用 (from USB)
ARDroneForP5	AR.Drone 制御用 Processing (Java) 向け API (Java 用に変換)

Osaka University 2015/5/21 第一回ICN研究会@東京大学 21


発表内容

- 情報指向ネットワークの必要性 / CCN とは
- 自律移動可能なルータを擁する情報指向ネットワーク
 - 研究背景と目的
 - 分断ネットワークにおけるネットワーク構成の提案・設計
 - 自律移動可能なルータの実装
 - 検証用分断ネットワークを用いた基礎実験
 - まとめと今後の課題

Osaka University 2015/5/21 第一回ICN研究会@東京大学 22

デモンストレーション

- 概要
 - 相互接続性のない二地点 (Region A, Region B) 間における地点間ルーティングが正しく行われるかどうか検証
 - 独立ネットワークを構成するゲートウェイとしてそれぞれ Raspberry Pi を1台ずつ設置 (Node A, Node B とする)
 - 手動で経路情報 (FIB エントリ, 仮想プロキシ) を設定
- 検証方法
 1. Node B にてコンテンツ ccnx:/regionB/apple.jpg を公開
 2. Node A からコンテンツ ccnx:/regionB/apple.jpg を要求す Interest を生成し, apple.jpg を取得して画面表示



Osaka University 2015/5/21 第一回ICN研究会@東京大学 23

デモンストレーション動画



Osaka University 2015/5/21 第一回 ICN 研究会 @ 東京大学 24

発表内容

- 情報指向ネットワークの必要性 / CCN とは
- 自律移動可能なルータを擁する情報指向ネットワーク
 - 研究背景と目的
 - 分断ネットワークにおけるネットワーク構成の提案・設計
 - 自律移動可能なルータの実装
 - 検証用分断ネットワークを用いた基礎実験
 - まとめと今後の課題

Osaka University 2015/5/21 第一回 ICN 研究会 @ 東京大学 25

まとめと今後の課題

- 本発表のまとめ
 - 分断ネットワークに適用可能な物理移動を伴う CCN ルータ (飛行ルータ) の提案・設計を行った
 - 飛行ルータにおける配送モードの実装および検証用実験ネットワークにおける検証実験を行い, 提案手法で遠隔地のコンテンツを取得できることを確認した
- 今後の課題
 - 巡回モード, 配送モードのより詳細な設計
 - ゲートウェイとの経路情報交換プロトコル
 - パケットのバッファリングや移動制御のスケジューリング
 - 経路制御の最適化
 - 複数の飛行ルータの連携
 - 具体的なネーミングアーキテクチャの提案