

Osaka University

## Hardware Design and Evaluation of CAM-based High-speed CCN Router

CAM を用いて高速処理を実現する  
CCN ルータのハードウェア設計と評価

大阪大学 大学院情報科学研究科  
情報ネットワーク学専攻 村田研究室  
大岡 睦

Osaka University

## コンテンツセントリックネットワーク (CCN)

- ホスト中心ではなくコンテンツ中心のネットワーク
  - 現在主流のコンテンツ拡散型アプリケーションに最適
    - YouTube の動画視聴, Web ページ閲覧, SNS の情報共有等

インターネット (ホスト中心)      CCN (コンテンツ中心)

2014/2/14      修士論文発表会

Osaka University

## CCN ルータの実現課題

- 階層構造を持った name の検索機構
  - IP ルータよりも検索空間が非常に大きい
    - name は IP アドレスよりも長く、名前空間も大きい
  - トライ木を用いた手法<sup>[1])</sup>は処理遅延が大きい
- 資源が限られた状況下でのキャッシング
  - 大量のコンテンツに対してルータのメモリ資源は有限

2014/2/14      修士論文発表会

Osaka University

## 研究の目的とアプローチ

- 目的
  - CCN ルータの実現課題の解決
    - 大量の name の高速処理
    - 資源が限られた状況下でのキャッシング
- アプローチ
  - 実現しうる name 検索アルゴリズム候補の考察
  - ルータハードウェアアーキテクチャの設計
    - CAM・ブルームフィルタを用いた高速な name の階層的検索
    - キャッシュする価値のあるコンテンツを選別する戦略
  - ルータの実現可能性を評価
    - メモリ容量の制約が強いCAMに焦点

2014/2/14      修士論文発表会

Osaka University

## 提案手法 (1) name の階層的検索機構

- CAM とブルームフィルタを利用
  - CAM (連想メモリ): 高速検索用のメモリ
  - ブルームフィルタ: 低コストで高速なメンバ判定用のハードウェア
    - メンバ判定: ある要素が集合に含まれるかを判定すること

ブルームフィルタで検索候補を劇的に削減      1度のメモリアクセスで高速に name を検索可能

2014/2/14      修士論文発表会

Osaka University

## 提案手法 (2) コンテンツ選別のための機構

- 要求回数に応じてコンテンツをキャッシュ
- キャッシュする価値のあるコンテンツを選別可能
  - 要求回数が3回以上のコンテンツはコンテンツ全体の約10%だがトラフィック量の50%を占める<sup>[6]</sup>

コンテンツ	要求回数
(Popular Content)	3
(Less Popular Content)	1

2014/2/14      修士論文発表会

Osaka University 7

### 提案手法を用いた CCN ルータハードウェアの設計

- Name 検索機構
  - 高速な name 検索のためのハードウェア
- 要求カウント機構
  - コンテンツ選別のためのハードウェア

2014/2/14 修士論文発表会

Osaka University 8

### Name 検索機構のハードウェア設計

- ブルームフィルタ・CAM・2つのバッファから構成
- CAM を複数の小容量 CAM に分割
  - 価格と消費電力の面でコスト削減・並列処理による高速化

2014/2/14 修士論文発表会

Osaka University 9

### Name 検索機構のハードウェア設計

- ブルームフィルタ・CAM・2つのバッファから構成
- CAM を複数の小容量 CAM に分割
  - 価格と消費電力の面でコスト削減・並列処理による高速化

2014/2/14 修士論文発表会

Osaka University 10

### 評価方法

- 評価方法
  - 最もメモリ容量の制約が強い Name 検索機構の性能を評価
    - ハードウェア設計からスループットとメモリ容量を算出
- 評価設定
  - 既存研究<sup>[1,2,3]</sup>と同じネットワーク環境を想定
    - エントリ数: 10M個
    - 平均 Interest/Data/全体パケットサイズ: 40/1500/256 Byte
    - name の長さ: 99%以下が 40 Byte 以下、6階層以下

[1] Y. Wang, et al. "Wire speed name lookup: a GPU-based approach," in Proceedings of the 10th USENIX Conference on Networked Systems Design and Implementation, April 2013, pp. 199-212.  
 [2] Y. Wang, et al. "Scalable name lookup in NDN using effective name component encoding," in Proceedings of the IEEE 32nd International Conference on Distributed Computing Systems 2012, June 2012, pp. 688-697.  
 [3] D. Peino and M. Varvello. "A reality check for Content Centric Networking," in Proceedings of the ACM SIGCOMM workshop on Information-centric networking, August 2011, pp. 44-49.

2014/2/14 修士論文発表会

Osaka University 11

### 評価結果

- スループット / 処理遅延: 163 Gbps / 12.25 ns
  - MATA-NW の処理遅延(100 μs)より非常に短い処理遅延
  - 並列処理によって更に数倍のスループットが実現可能
- CAM のメモリ容量: 3.2 Gbit
  - 3.2 Gbit の TCAM はメモリ容量・消費電力の観点から非現実的
  - BCAM の利用やハッシュテーブルによる補助により今後解決

[1] Y. Wang, et al. "Wire speed name lookup: a GPU-based approach," in Proceedings of the 10th USENIX Conference on Networked Systems Design and Implementation, April 2013, pp. 199-212.  
 [2] Y. Wang, et al. "Scalable name lookup in NDN using effective name component encoding," in Proceedings of the IEEE 32nd International Conference on Distributed Computing Systems 2012, June 2012, pp. 688-697.  
 M.H. Dai, et al. "On pending interest table in Named Data Networking," in Proceedings of the ACM/IEEE 8th Symposium on Architectures for Networking and Communications Systems 2012, October 2012, pp. 211-222.  
 [5] Y. Wang, et al. "NameFilter: Achieving fast name lookup with low memory cost by applying two-stage bloom filters," in Proceedings of the IEEE INFOCOM 2013, April 2013, pp. 95-99.

2014/2/14 修士論文発表会

Osaka University 12

### まとめと今後の課題

- まとめ
  - CCN ルータの具体的なハードウェアアーキテクチャを提案
    - CAM とブルームフィルタを用いた高速な name の階層的検索
    - ルータの資源を有効活用する要求カウントを用いたキャッシング
  - CCN ルータの実現可能性と具体的な性能の実証に貢献
    - 既存研究の手法より優れた 100 Gbps 超のスループット
    - CAM のメモリ容量の拡張性の課題を明確化
- 今後の課題
  - メモリ容量の拡張性のあるハードウェアアーキテクチャの模索
  - ハードウェア実装に基づく詳細な性能評価
  - 提案する CCN ルータのネットワークレベルでの性能評価

2014/2/14 修士論文発表会

Osaka University 13

---

2014/2/14 修士論文発表会

Osaka University 14

### 付録: 要求カウント機構のハードウェア設計

Index	<Name>	<Counter>
1	/xxx/yyyy/zzz	1
2	/abc/def/ghi	2
3		0
⋮	⋮	⋮
	$H(\text{name})$ /aaa/ ... /bb/cccc	3
⋮	⋮	⋮
N	/123/456/789	1

[ Interest counter ]

2014/2/14 修士論文発表会