

令和元年度卒業研究論文

URL の情報指向型クラシフィケーション

2020 年 2 月 7 日 (金)

指導教員 井上一成 教授

明石工業高等専門学校
電気情報工学科

報告者 E1533 西 総一郎

目次

第 1 章	序論	1
1.1	TCP/IP の課題	1
1.2	情報指向ネットワーク	2
1.3	本研究の目的	3
第 2 章	シミュレーションプログラム	5
2.1	プログラムの概要	5
第 3 章	衝突数の検証	7
3.1	ハッシュのみを用いたとき	7
3.2	URL の分類手法を利用するとき	7
3.3	ハッシュと URL の分類手法を併用したとき	7
参考文献		9

第 1 章

序論

1.1 TCP/IP の課題

1983 年から今日のインターネットと呼ばれているネットワークにおいて通信プロトコル TCP/IP がデファクトスタンダードとなった [1]. 約 20 年前のインターネットのトラフィックや利用形態は現在とは大きく異なっている. 1992 年の全世界のインターネットトラフィックは 1 日あたり約 100 GB であったが, その 10 年後の 2002 年には 1 秒あたり 100 GB に増え, 2017 年には 1 秒あたり 45,000 GB 以上に到達した. また利用形態も 2017 年においてはトラフィックの 75% をビデオコンテンツが占めている. Cisco によると全世界のインターネットトラフィックは 2022 年には 150,700 GB/秒となりその 82% をビデオコンテンツが占めると予測されている [2].

また, インターネットの使用目的も変遷している. 当初はインターネットを高性能コンピュータあるいは高性能プリンタを利用するように, 様々なリソースを遠隔から共有することが主な目的であった. 現在は情報の共有, 情報の取得といった情報のやり取りが中心となっている. それに伴って, 通信形態も変化している. 従来の TCP/IP はホスト中心の Host-to-Host の通信形態であり, IP プロトコルは位置情報であるネットワークアドレスを用いてホストアドレスを指定するというロケーション・オリエンテッド*¹な通信であった. ところが, 現在は情報をユーザに送るというインフォメーション・セントリック*²な通信形態に変わりつつある.

このように TCP/IP の通信形態と現在のインターネットに求められている通信形態との間の差が広がっている. 情報の効率的な取得のために P2P*³や CDN*⁴などの新しいプロトコルが提案された. しかし, これらはロケーション・セントリックな TCP/IP ネットワーク上のプロトコルであるので本質的な解決ではない. 本来, 情報を取得するという行為に対して, ネットワークアドレスやホストアドレスなどを意識する必要はなく, もし近くにある通信機器が当該コンテンツ (情報)*⁵を持っておりそこから情報を取得できるなら, それはより効率的であり将来の通信量増大にも対応できると考えられる. そこで, 情報を効率的に取得するために情報指向ネットワーク: Information-Centric-Network (ICN)[3] というプロトコル体系が提案された [4].

*¹ Location-oriented: 地理的指向な

*² Information-Centric: 情報指向な

*³ Peer to Peer: インターネットにおいて一般的に用いられるクライアント・サーバ型モデルでは, データを保持・提供するサーバとそれに対してデータを要求・アクセスするクライアントという 2 つの立場が固定されているのに対して, 各ピアに対して対等にデータの提供及び要求・アクセスを行う自立分散型のネットワークモデル

*⁴ Content Delivery Network: 頻繁に使われる Web サイトがある一つのノード (サーバ) だけでは耐えきれないのでいくつかのノードにデータを分散しておき, 各ユーザは分散したノードに接続して情報を取得するという方法

*⁵ 参考文献 [3] では情報 (Information) とコンテンツ (Contents) は同様の意味で用いられている. 本稿でも同様の意味で用いる.

1.2 情報指向ネットワーク

情報指向ネットワーク (ICN) においてユーザはサーバの IP アドレスではなくコンテンツ名を指定してコンテンツ取得要求を行い、そのコンテンツ要求を受け取った近隣のルータやノードが当該コンテンツを保持していた場合、それらはユーザに対してそのコンテンツを直接転送するプロトコル体系である。ICN において情報を保持している者をパブリッシャ (Publisher)、情報の取得要求を出すものをサブスクライバ (Subscriber) と呼ぶ。また ICN では各コンテンツ (情報) に対してコンテンツ名 (名前) が対応付けられている。

ICN へのアプローチとして様々な研究がなされているが、現在最も多くの研究者により研究されている Named Data Networking (NDN)[5] 及びその前身である Content Centric Networking (CCN)[6] を代表的な ICN アーキテクチャとして述べる。CCN アーキテクチャはパロアルト研究所^{*6}により研究されている ICN の先駆となった本格的なアーキテクチャである。また、US Future Internet Architecture プログラム^{*7}によって資金提供された NDN プロジェクトは、CCN アーキテクチャをさらに発展させたものである。

■コンテンツ名 NDN におけるコンテンツ名の命名規則は階層構造になっており、現在のインターネットで流通している識別子である Uniform-Resource-Locator (URL) に似ている。たとえば、コンテンツ名は `/aueb.gr/ai/main.html` となる。ただし、コンテンツ名は必ずしも URL とは一致せず、最初のセクション^{*8}は DNS 名または IP アドレスなどの形式である必要もない。つまり NDN では、各セクションについての具体的な規格は定義されていない。またコンテンツ取得要求において、要求されたコンテンツ名のプレフィックスの名前を持つ情報と一致すると見なされる。たとえば、`/aueb.gr/ai/main.html/_v1/_s1` は `/aueb.gr/ai/main.html` という名前のコンテンツと一致する。これは要求されたコンテンツの初版であり、コンテンツを分割したセグメントの最初のデータを表している。このデータを受信したあとに Subscriber は `/aueb.gr/ai/main.html/_v1/_s2` により次のセグメントを要求することや、新たなバージョンを要求することもできる。このようにコンテンツを分割して扱う際にはコンテンツ名にそのメタデータを付与することが可能である。

■名前解決とデータルーティング NDN において、Subscriber はコンテンツを取得する際はコンテンツ取得要求である INTEREST パケットを発行して、Publisher からの DATA パケットの形式で到着するコンテンツを取得する。INTEREST/DATA パケットは、それぞれ要求/転送されるコンテンツのコンテンツ名を持つ。Fig1.1 に示すように、すべてのパケットは Content Router (CR) によってホップバイホップ (hop by hop) で転送され、各 CR には 3 つのデータ構造 (Forwarding Information Base (FIB), Pending Interest Table (PIT), Content Store (CS)) がある。FIB は、INTEREST パケットを適切なデータソースに転送するために使用するインターフェイスとコンテンツ名をマッピングする。PIT は、保留中の INTEREST パケットが到着した受信インターフェイス、つまり一致する DATA パケットが転送されてきたときに返送するインターフェイスとコンテンツ名をマッピングすることで INTEREST パケットを追跡する。最後に、CS は CR を通過したコンテンツのローカルキャッシュとして機能する。

INTEREST パケットが到着すると、CR はコンテンツ名を抽出し要求されたプレフィックスと一

^{*6} Palo Alto Research Center (PARC) : アメリカ合衆国のカリフォルニア州パロアルトにある研究開発企業

^{*7} NSF FUTURE INTERNET ARCHITECTURE PROJECT (<http://www.nets-fia.net/>)

^{*8} ”/” で区切られた部分をセクションと呼ぶ

致する名前を持つ CS のコンテンツを探す。CS でキャッシュが見つかった場合、すぐに DATA パケットとして受信インターフェイスを介して送返され、INTEREST パケットは破棄される。それ以外の場合、CR はこの INTEREST パケットを転送するインターフェイスを決定するために、FIB で最長プレフィックス検索を実行する。FIB でエントリが見つかった場合、CR は PIT に INTEREST パケットの受信インターフェイスとコンテンツ名を記録し、FIB が示す CR に INTEREST パケットを転送します。Fig1.1 では、Subscriber は /aueb.gr/ai/new.htm という名前の INTEREST パケットを送信する (矢印 1~3)。PIT にコンテンツ名のエントリが既に含まれている場合、つまりこのコンテンツが既に要求されている場合、CR は受信インターフェイスをこの PIT エントリに追加し、INTEREST パケットを破棄する。

要求されたコンテンツ名に一致するコンテンツが Publisher または CS で見つかった場合、INTEREST パケットは破棄され、コンテンツは DATA パケットとして返送される。この DATA パケットは、PIT で維持されている状態に基づいてホップバイホップ方式で Subscriber に転送される。具体的には、CR は DATA パケットを受信すると、対応するコンテンツを CS に保存し、PIT で最長プレフィックス検索を実行して、DATA パケットに一致するエントリを見つける。PIT エントリに複数のインターフェイスがある場合、DATA パケットが複製され、マルチキャスト配信が実現される。最後に、CR は DATA パケットをこれらのインターフェイスに転送し、PIT からエントリを削除する (矢印 4~6)。PIT に一致するエントリがない場合、CR は DATA パケットを重複データとして破棄する。NDN では、DATA パケットは INTEREST パケットによって PIT に残された経路に従うため、名前解決とデータルーティングは対称である [7]。

■ICN の現状 ICN における Contents Router (CR) は未だに研究段階にありソフトウェアとして参照実装^{*9}はあるが、ハードウェアとして実装されたものはない。ハードウェア実装に向けた課題は、TCP/IP における IP アドレスの代わりにコンテンツ名を用いて名前解決とルーティングを行うため CR での処理や、各テーブルに必要な記憶容量も増加するという点である。

1.3 本研究の目的

上記課題を解決するためにコンテンツ名に対してハッシュを用いたり、各テーブルにおいて新たなデータ構造を考案することである。

■想定するハードウェアアーキテクチャ及びネットワーク NetFPGA SUME^{*10}の利用を前提として、まず 10Gbps、平均パケットサイズ 800 Byte の場合ボトルネックの許容平均処理遅延を求める。

許容できるボトルネックの平均処理遅延 t [sec/packet] は、パケットあたりの (見かけの) 処理時間と考えられる。これは、目標とするスループット v [bit/sec]、平均パケットサイズを s [bit/packet] とすると、 $t = s/v$ で表される。ここにパラメータ $v = 10 \text{ Gbps} = 10^{10} \text{ [bit/sec]}$ 、 $s = 800 \text{ [Byte]} = 6400 \text{ [bit]}$ を当てはめると、 $t = 6400/10^{10} = 640 \times 10^{-9} \text{ [sec/packet]}$ であり、許容平均処理遅延は 640 [ns] となる。

^{*9} Cefore: <https://cefore.net/> NICT により開発された CCNx 準拠の TCP/IP 上で CCN パケットをシミュレートするソフトウェアルータ

^{*10} <https://netfpga.org/site/#/systems/inetfpga-sume/details/>

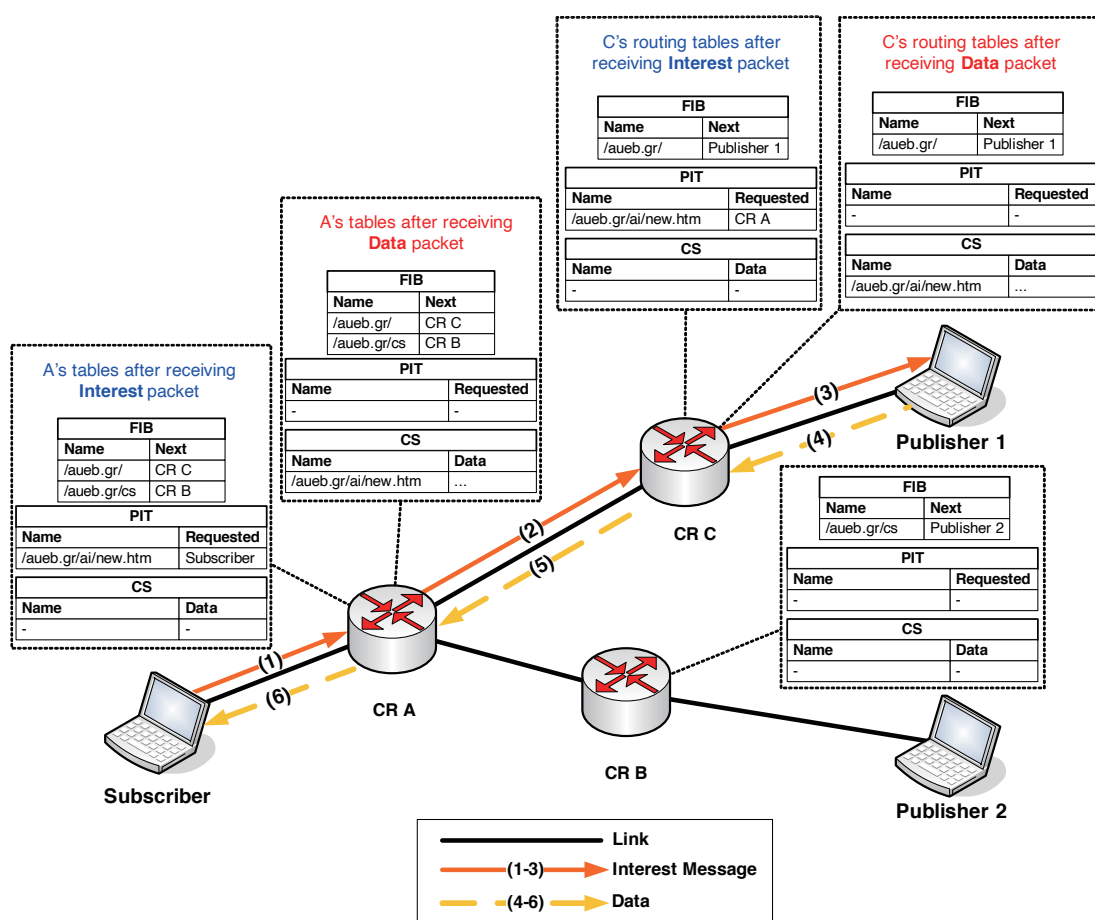


Fig1.1 The CCN/NDN architecture. CR stands for Content Router, FIB for Forwarding Information Base, PIT for Pending Interest Table, CS for Content Store (Excerpt from [7]).

第 2 章

シミュレーションプログラム

2.1 プログラムの概要

第 3 章

衝突数の検証

3.1 ハッシュのみを用いたとき

3.2 URL の分類手法を利用するとき

3.3 ハッシュと URL の分類手法を併用したとき

参考文献

- [1] David D. Clark et al. Barry M. Leiner, Vinton G. Cerf. Brief history of the internet. Internet Society, 1997.
- [2] Cisco. Cisco visual networking index: Forecast and trends, 2017 - 2022. Cisco, 2019.
- [3] Van Jacobson, Diana K. Smetters, James D. Thornton, Michael F. Plass, Nicholas H. Briggs, and Rebecca L. Braynard. Networking named content. In *Proceedings of the 5th International Conference on Emerging Networking Experiments and Technologies*, CoNEXT '09, pp. 1–12, New York, NY, USA, 2009. Association for Computing Machinery.
- [4] 朝枝仁, 松園和久. 情報指向ネットワーク技術におけるプロトタイプ実装と評価手法. コンピュータ ソフトウェア, Vol. 33, No. 3, pp. 3_3–3_15, 2016.
- [5] NSF Named Data Networking project. [Online]. Available: <http://www.named-data.net/>.
- [6] Content Centric Networking project. [Online]. Available: <http://www.ccnx.org/>.
- [7] G. Xylomenos, C. N. Ververidis, V. A. Siris, N. Fotiou, C. Tsilopoulos, X. Vasilakos, K. V. Katsaros, and G. C. Polyzos. A survey of information-centric networking research. *IEEE Communications Surveys Tutorials*, Vol. 16, No. 2, pp. 1024–1049, Second 2014.