

NDNのFIB集約とネットワーク品質向上を目的としたコンテンツ配置法の評価

Performance Evaluation of Placing Contents with Reducing FIB Size and Improving Network Quality in NDN

橋本 紘輝¹ 上山 憲昭²

Hiroki Hashimoto Noriaki Kamiyama

立命館大学大学院 情報理工学研究科¹

Graduate School of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

立命館大学 情報理工学部²

College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

1. はじめに

デジタルコンテンツやIoTデータを効率的に配信できる新しいネットワークアーキテクチャとして、情報指向ネットワーク(ICN: information-centric networking)が大きな注目を集めている。しかし多くの場合、コンテンツの名称は場所に依存しないため、ICNルータの転送テーブル(FIB: forwarding information base)のエントリ集約は困難である。名前が同一の文字列を含む場合は少数のFIBエントリに集約可能なため、エントリを効果的に集約するには、似たような名称のコンテンツが同一ノードに存在することが望ましい。一方、インターネットではCDN(content delivery network)が、ユーザの配信品質を向上しネットワーク内のトラフィック量を削減する技術として広く用いられているが、CDNのこれらの目的はICNにより達成される。

そこでこれまでに、CDNをICNのオリジナル提供プラットフォームとして位置づけ、URLの最初のコンポーネントであるTLD(top level domain)を該当Webオブジェクトの個数の降順に同一のCDNのキャッシュサーバに割り当て、Webオブジェクトを再配置することで、ICNルータのFIBのサイズを効果的に削減することを提案した[1]。また、配置ノード数を限定し、平均FIBサイズ、平均リンク負荷、リンク負荷の変動係数、コンテンツ可用性喪失値の4つの評価尺度を考慮したコンテンツ配置ノードの設計法を提案した[2]。

文献[2]では複数種類のトポロジを用いた数値評価により、トポロジや尺度の評価重みが最適な配置ノード数に与える影響を明らかにした。しかし、ネットワーク設計の観点からは、FIBの最大サイズやリンク負荷の最大値を低減することが重要であるが、これらの尺度については未評価である。そこで本稿では文献[2]の提案した方式のこれらの評価尺度に関し、オリジナル配置と比較し、その有効性を明らかにする。

2. コンテンツ配置方式

文献[2]ではFIB集約効果を高める為にTLDやSLDが同じオブジェクトを同一のノードに割り当て、アクセス比率が高いドメイン名を他のノードに至るホップ長の平均値が小さいノードに優先して割り当てることで、FIBの集約効果だけではなく、ネットワーク負荷を同時に低減させるコンテンツ配置設計を提案した。そして配置ノード数を限定し、平均FIBサイズ、平均リンク負荷、リンク負荷の変動係数、コンテンツ可用性喪失値の4つの評価尺度に基づき配置した際の最適な配置ノード数を提示した。本稿では、文献[2]で提案した配置方式について再配置前のオリジナル配置(Original)と比較することでその有効性を評価する。

3. 性能評価

本稿では配置ノード数を限定して4つの評価尺度を均等に重視した時(EQ)[2]と、再配置を行わないオリジナル配置(Original)で結果を比較する。評価にはHub&Spoke(H&S)型とLadder型のネットワークトポロジを用いる。

表1: H&S型の中心ノード上位3つのホップ長平均と媒介中心性との相関係数 r

トポロジ名	r
Allegiance Telecom	-0.90
Verio	-0.33
ATT	-0.98
Internet2	-0.98

表1にH&S型トポロジのネットワークの中心ノード上位3つの平均ホップ長と媒介中心性との相関係数 r を示す。Verioはネットワークの中心ノードの平均ホップ長と媒介中心性との相関

関係が他のH&S型トポロジと比べて極めて低い。そのため、文献[2]では他のトポロジと異なる配置ノード数が最適値となった。

そこで本節ではH&S型としてAllegiance Telecom(ALT)とVerio(VRO), Ladder型としてAt Home Network(AHN)の3つのトポロジを用いて評価し、その結果を表2に示す。

評価では平均FIBサイズ(E_{ave})、平均リンク負荷(L_{ave})、リンク負荷の変動係数(C)、コンテンツ可用性喪失値(R)、最大FIBサイズ(E_{max})、最大リンク負荷(L_{max})の6つの値を示す。

表2: OriginalとEQの比較

ALT	E_{ave}	L_{ave}	C	R	E_{max}	L_{max}
Original	1058.41	0.0136	2.325	0.402	4915	0.257
EQ	340.88	0.0100	2.283	0.660	2091	0.139

VRO	E_{ave}	L_{ave}	C	R	E_{max}	L_{max}
Original	2645.00	0.0153	2.180	0.314	5185	0.291
EQ	1441.82	0.0108	1.930	0.519	3552	0.136

AHN	E_{ave}	L_{ave}	C	R	E_{max}	L_{max}
Original	2070.10	0.0599	1.475	0.403	4709	0.454
EQ	320.56	0.0431	1.739	0.589	2489	0.372

OriginalとEQを比較すると3つ全てのトポロジにおいて平均FIBサイズ、平均リンク負荷、最大FIBサイズ、最大リンク負荷の各値はEQの方が減少する結果が得られた。

FIBサイズについて、EQでは配置ノード数が減少し、同一TLDのコンテンツを同じ場所に配置しているため、OriginalよりもFIBエントリが集約可能となり、減少する。

またリンク負荷においては、配置コンテンツとコンテンツの配置場所が影響した。コンテンツの配置場所についてOriginalでは西側に人気コンテンツが配置されやすく、EQではネットワークの中心に配置される。平均リンク負荷では、EQはネットワーク全体からコンテンツを取得しやすくなり、Originalよりも値が減少する。最大リンク負荷では、Originalにおいて、東側にコンテンツを送信する時、負荷が同一リンクに集中し、特定リンクの負荷が増大する。一方でネットワークの中心は平均ホップ数が小さいノードであり、次数が高い傾向にあるため、複数リンクに負荷が分散しやすい。そのため、EQの最大リンク負荷の値は小さくなる。

一方で、コンテンツ可用性喪失値については全てのトポロジにおいてEQの方が増加した。EQでは配置ノード数を限定かつネットワークの中心から人気コンテンツを配置しているため、単一ノード障害発生時に可用性が喪失する割合が高くなる。そのため、コンテンツ可用性喪失値は増加する。また、リンク負荷の変動係数においては増加も減少もする結果となった。以上の結果から提案方式を用いることで、どのネットワークトポロジにおいても、可用性は低下する反面、最大FIBサイズや最大リンク負荷を含む他の全ての評価尺度は改善することが確認された。

謝辞

本研究成果はJSPS科研費21H03437の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

[1]Y. Sasaki, et al., Designing Content Placement of CDN for Improving Aggregation Effect of ICN FIBs, ICOIN 2020.

[2]橋本紘輝, 上山憲昭, "NDNのFIB集約とネットワーク品質向上を目的としたコンテンツ配置法", 信学会情報ネットワーク(IN)研究会, IN2022-105, 沖縄, 2023年3月