

ICN 普及のためのシャープレイ値を用いた ISP 間の調整金システム

Adjusting Payments Among ISPs Using Shapley Value for ICN Dissemination

伊藤 榎基¹

上山 憲昭²

Masaki Ito

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

ISP (Internet Service Provider) は、隣接 ISP とのトラフィック量に応じてトランジット費をやり取りしているが、ICN の導入に伴い、ISP 間の交流トラフィックが変化するため、ICN 導入が各 ISP の利益に影響を与える。また、ICN の導入は各 ISP の経営判断に基づくため、ICN の普及可能性を明らかにするには、ICN 導入による各 ISP の利益への影響を分析する必要がある。

これまでの研究では、階層的な AS (autonomous system) 間のトポロジ構造を対象に、ICN 普及時の各階層の AS の収益を分析し [1][2]、ICN 導入の恩恵が大きいレイヤ 1 の ISP に ICN 導入を促すにはインセンティブが必要であることを明らかにした。さらには、AS 間での調整金をナッシュ交渉解を用いて求め [3]、その普及可能性を検討した。しかし、各レイヤの ICN 導入による貢献度を公正に反映出来ていないと言えない。そこで本稿では、同様に階層型 AS トポロジを想定し、一定割合の AS が ICN を導入したときの収益の変化を解析的に導出し、新たにシャープレイ値を用いた調整金を検討する。

2. 想定条件

M 個のコンテンツが全 AS 上で提供され、各コンテンツのサイズは均一とし、各配信要求において各コンテンツ m が一定の確率 q_m で選択されると想定する。 q_m は、パラメタ 1 の Zipf 分布に従うとし、各コンテンツは q_m の降順で割り当てる。ISP はトランジット契約をした customer ISP に対して、月間にトランジットリンク上に流れたデータ転送レートに応じた料金を課金する。月間のトランジット費 T は、トランジットリンク上の両方向のデータ転送レートの合計値に基づき算出する sum model を想定する。また、各 AS は自身の各収容ユーザから定額 P の料金を徴収すると想定し、 P に収容ユーザ数を乗じた A を月間アクセス費として受け取ることができるとする。

CAIDA の Web サイトで公開されている AS 間のトポロジに関する二つのデータ、as_rel file、as2attr file を用いて、AS トポロジを 3 階層のツリー型トポロジでモデル化する [1]。各レイヤ k の AS (L_k AS) の数を N_k と定義し、それぞれ確率でレイヤ間のリンクが存在する。各レイヤ k の AS に収容される contents provider (CP) とユーザ (user) の比率を W_k とする。その他 AS 間トポロジ、CP やユーザの収容パターン、AS 間ルーティングなどのすべてのポリシーは [1] で定義したものを想定する。

L_k AS が ICN を導入している確率を P_k としたときの、配信フローが通る確率 F を用いて、[1][2][3] で提案した部分的に ICN を導入した場合の AS 間接続リンク上に発生するトラフィック量をもとに、各 L_k AS のトランジット費 T_k の変化を導出する。また、ICN 導入でユーザにより近い位置からコンテンツを配信することによって、配信遅延時間の低減が期待できる。[3] で用いた配信遅延時間減少によるユーザからの収益期待値 E をもとに、各 L_k AS のユーザからのアクセス費 A_k の変化を導出する。

3. シャープレイ値

T_k は一方の利益が一方の損失となるゼロサムゲームであるが、 A_k は市場への新たな資金の流入であるため、AS 間の協力、つまり ICN の導入でより大きな収益を ISP は得ることが

できる。協力して得た成果をどのように分配するかを考えるために、各 AS が協力に加わる（新たに ICN を導入する）とき、そのレイヤ AS が、どれだけ利得の増加に貢献したかを表す限界貢献度の平均であるシャープレイ値を求め、貢献度に応じた AS 間の調整金を導出する。各レイヤごとで考え、プレイヤーの集合 $S=\{1,2,3\}$ 、特性関数を $v(\{S\})=\sum (i \in S)\Delta R_i$ とする。ただし、 ΔR_k は ICN 導入前後の L_k AS の収益変化量である。特性関数形ゲーム (S,v) として、シャープレイ値の解を各 L_k AS への分配 x_k とし、そのときの受け取る金額の合計を調整金 y_k とし、それぞれを導出する。

4. 結果

図 1 に、すべてのレイヤの AS の ICN 導入比率 (P_{all}) に対し、(a) 各レイヤ k (L_k) の AS の収益分配 x_k と、(b) 調整金として受け取る調整金 y_k をプロットする。図 1(a) から、ICN 普及率の増加により全レイヤの収益の合計は増加しており、調整金無しの場合で見られる L_1 AS の収益の減少を抑えられている。 $P_{all}=0.9$ までは、 $x_1 > 0$ であるため、調整金により L_1 AS の収益は、ICN を導入することで増加する。図 1(b) から、 L_1 AS が L_2 AS と L_3 AS から調整金を受け取ることが確認できる。調整金の額は普及率の増加に伴い増加するが、普及率が高くなるほど増加率の変化量は小さくなる。

5. まとめ

ICN 普及のために、シャープレイ値を用いて ISP 間での収益の分配を検討した。 L_1 AS への一定の ICN 普及促進の効果がみられる。一方で、今回は全レイヤの AS が協力することを前提とした分配である。分配の結果が合理的であるかは不明であるため、今後は、協力の結果合理的な分配であるか、または、可能であるためにはどの程度の余剰が必要かを検討する。

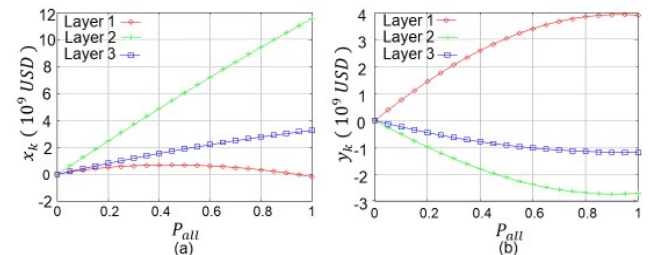


図 1: (a)Distribution to each AS and (b)adjustment received by each AS

謝辞

本研究成果は JSPS 科研費 21H03436 と 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] N. Kamiyama, Analyzing impact of introducing CCN on profit of ISPs, IEEE Trans. Netw. Service Manag., vol. 12, no. 2, pp. 176-187, Jun. 2015.
- [2] 辻香菜, 上山憲昭, "ICN の普及程度が ISP の利益に与える影響の分析", 信学会 2020 ソ大会, B-11-9
- [3] 伊藤榎基, 上山憲昭, "ICN 普及促進のためのナッシュ交渉解を用いた ISP 間調整金システム", 信学会 IA 研究会, IA2023-79