

ICN 普及のための ISP 間の調整金システムにおける安定的な収益分配法

Stable Allocation of Profit Among ISPs for ICN Dissemination

伊藤 柁基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、シャープレイ値を用いて求め [3][4]、その普及可能性を検討した。しかし、協力が成り立つ安定的な分配であるかは未検討である。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、新たに仁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。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。

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。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できることによって、配信遅延時間の低減が期待できる。[3] で用いた配信遅延の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. 仁

協力して得た利益の分配の仕方について、協力ゲームの 1 つである特性関数形ゲーム (N, v) として分析する。各レイヤで考え、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。 (N, v) の、 $v(1, 2, 3)$ の分配 x に対する各提携の不満を

$$e(v, x) = v(N) - \sum_{k \in N} x_k \quad (1)$$

として、各提携の不満の最大値を最小化する仁の解を導出する。

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 L_k 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 、(c) 仁による分配に対しての各提携の不満 $e(v, x)$ を各々、プロットする。図 1(a)(b) は、[3] で求めたシャープレイ値と類似した結果がみられる。 $P_{all} > 0.9$ のとき、 $x_1 < 0$ であるため、調整金があっても L_1 AS の収益は減少する。そのため、 L_1 AS は必ずしも ICN を導入するとはいえないが、図 1(c) で、不満をもつ提携は無いため、協力によって、 L_1 AS は単独での行動よりも損失が軽減され、 L_2 AS、 L_3 AS は多くの利益が得られると考えられ、ICN 普及促進のための一つの合意案となるといえる。

5. まとめ

ICN 普及のために、仁を用いて ISP 間での収益の分配を検討した。 L_1 AS への一定の ICN 普及促進の効果が見られる。一方で、ICN 導入による L_1 AS の損失は完全には無くならないため、 L_1 AS がとりうるその他の戦略について検討する必要があるため、今後は、非協力ゲームも含め、各レイヤ AS がどのような戦略を取りうるかを検討する。

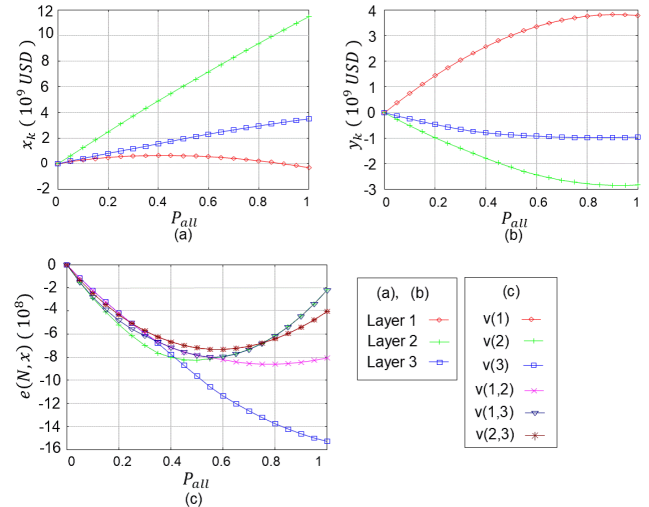


図 1: (a)Revenue distribution to each AS and (b)adjustment received by each AS using Nucleolus and (c)Dissatisfaction with revenue adjustment by Nucleolus

謝辞

本研究成果は JSPS 科研費 23K11086, 23K21664, 23K28078 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 ツ大会, B-11-9
- [3] 伊藤 柁基, 上山 憲昭, "ICN 普及のための協力ゲームに基づく ISP 間調整金システム", CCS 研究会, CCS2024-32
- [4] Masaki Ito and Noriaki Kamiyama, "Money Adjustment Among ISPs Based on Cooperative Games for ICN Promotion," IEEE CyberSciTech 2024.