

ICNの普及程度がISPの利益に与える影響の分析

Investigating Influence of Spreading ICN on Profit of ISPs

辻 香菜

上山 憲昭

Kana Tsuji

Noriaki Kamiyama

福岡大学 工学部 電子情報工学科

Faculty of Engineering, Fukuoka University

1. はじめに

ルータにおいてコンテンツをキャッシュし、コンテンツ名を宛名にコンテンツを発見し受信するICN (information-centric networking) が広く検討されている。ICNの導入に伴い、ISP (internet service provider) 間のトラフィックの交流パターンが変化するが、トランジットISPは交流トラフィック量に基づきトランジット費を得ているため、ICNの導入がISPの利益に影響を与えることが予想される。そのためICNの普及可能性を明らかにするには、ICNの導入がISPの利益に与える影響を分析する必要がある。そのためこれまでに、階層的なISP間のトポロジを対象に、全てのISPがICNを導入した状態における各ISPの利益を与える式を導出し、ICNの導入がISPの利益に与える影響を分析した[1]。しかしICNの普及過程においては、一部のISPのみがICNを導入した状況が発生する。そこで本稿では、階層的なAS (autonomous system) 間トポロジを対象に、一部のISPのみがICNを導入した状態において、ICNの導入がISPの利益に与える影響を分析する。

2. 想定条件

M 個のコンテンツが全AS上で提供されており、各ユーザの月間平均視聴回数を d とし、各配信要求にて各コンテンツ m が一定の確率 q_m で選択される。また $Q(m)$ を q_m の累積分布とする。多くの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 はデータ転送レート V (Mbps)の0.75乗に比例し $T = 100V^{0.75}$ で近似できる[1]。トランジットリンク上の両方向の V の合計値に基づきトランジット費を算出する場合 (sum model) を想定する。有償のトランジット契約の場合、一方のASがproviderとなり、もう一方のASはcustomerとなり、providerに対してトランジット費を支払う。一方、ピアリング接続ではトランジット費の受け渡しが発生しない。二つのAS、 x と y が、 x がproviderとして、 y がcustomerとしてトランジット接続をする場合、 x から見たときの両者を接続するリンクをprovider-to-customer (p2c) リンクと、 y から見たときにはcustomer-to-provider (c2p) リンクと呼ぶ。p2cの方向をdownhill、c2pの方向をuphillと呼ぶ。一方、ピアリング接続で二つのASを繋ぐリンクをpeer-to-peer (p2p) リンクと呼ぶ。自身からp2cリンクのみを経由して到達できる全てのASの集合をそのASのCustomer cone (CC)と呼ぶ。

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、文献[1]で述べた方法で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。各レイヤ k のAS (L_k ASと表記)の数は $N_1 = 49$ 、 $N_2 = 2,123$ 、 $N_3 = 2,565$ となる。そして g_k^{pc} 、 g_k^{cp} 、 g_k^{pp} を各々、各 L_k ASの L_{k+1} ASに対する平均p2cリンク数、 L_{k-1} ASに対する平均c2pリンク数、 L_k ASに対する平均p2pリンク数と定義する。

3. 各ASの利益の導出

文献[1]で導出した、ICNが全てのASに導入されたときのAS間接続リンク上に発生するトラフィック量の式を拡張し、部分的にICNを導入した場合、AS間の接続リンク上に発生するトラフィック量を導出する。 L_k ASがICNを導入している確率を P_k とする。AS x のCC収容ユーザから非CC収容CPへの配信要求発生時に各レイヤのASの各c2pリンクを配信フローがuphill方向に通る確率 $F_{u,k}$ 、AS x の非CC収容ユーザからCC収容CPへの配信要求発生時にp2cリンクをdownhill方向に通る確率 $F_{d,k}$ 、peer ASもしくは自身の収容CPから

配信フローが流入する確率 $F_{p,k}$ は各々、以下に得られる。

$$F_{u,k} = \sum_{r=1}^K \sum_{s=k}^K \sum_{t=1}^{k-1} G_{r,s,t} \frac{W_r W_s}{N_k g_k^{cp}} \left[\prod_{n=t}^r (1 - P_n) + \sum_{m=t}^r \prod_{n=t}^{m-1} (1 - P_n) P_m \{1 - Q(\sigma_m)\} \right] \quad (1)$$

$$F_{d,k} = \sum_{r=1}^K \sum_{s=1}^K \phi_{r,s,k} W_r W_s \left[\prod_{n=k}^r (1 - P_n) + \sum_{m=K}^r \prod_{n=k}^{m-1} (1 - P_n) P_m \{1 - Q(\sigma_m)\} \right] \quad (2)$$

$$F_{p,k} = \sum_{r=1}^K \sum_{s=1}^K \mu_{r,s,k} W_r W_s \left[\prod_{n=k+1}^r (1 - P_n) + \sum_{m=k+1}^r \prod_{n=k+1}^{m-1} (1 - P_n) P_m \{1 - Q(\sigma_m)\} \right] \quad (3)$$

$G_{r,s,t}$ はユーザがレイヤ r に配信サーバがレイヤ s に存在するときに配信フローの経由最上位レイヤが t となる確率であり、 $\phi_{r,s,k}$ は各 L_k ASの各c2pリンクを配信フローがuphill方向に通る確率であり、 $\mu_{r,s,k}$ は L_k ASの各p2pリンクや収容CPから自NWに配信フローが流入する確率である[1]。

4. 性能評価

図1に、 P_1 、 P_2 、 P_3 のいずれか、もしくはこれら全てを同時に変化させた場合 (P_{all}) の、各 L_1 ASと各 L_2 ASの月間平均利益 R_1 、 R_2 を各々示す。いずれのレイヤのASにおいてもICNが普及するにつれ、 L_1 ASと L_2 ASとの間のリンクを流れるトラフィック量が減少し R_1 は減少する。 P_{all} の場合が最も R_1 の低下度合いが大きい。反対にどのレイヤのASにICN導入が進んだ場合も R_2 は増加するが、 P_1 の場合がトランジットリンク上のトラフィック量削減効果が大きく、 R_2 の増加度合いが大きい。 R_3 に対しても R_2 と同様の結果が得られた。これらの結果はICNの普及程度とは無関係に得られ、 L_1 ASへのICN普及を促進するためには、その恩恵を受ける L_2 ASや L_3 ASが利益の一部を L_1 ASに還元する仕組みが必要である。

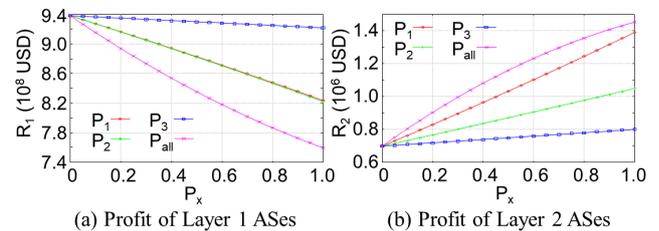


図1: Average monthly profit of each AS

謝辞 本研究成果は、KDDI財団研究助成寄付金190051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] Noriaki Kamiyama, "Analyzing Impact of Introducing CCN on Profit of ISPs," IEEE Transactions on Network and Service Management, Vol.12, No.2, pp.176-187, June 2015