

Osaka University

ASレベルトポロジーにおける コア構造の経年変化の分析

大阪大学 基礎工学部 情報科学科
村田研究室 佐竹幸大

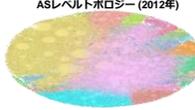
平成27年度 特別研究報告発表会 2016 / 2 / 23

Osaka University

研究の背景

- 社会インフラ化に伴うインターネットの大規模化
 - インターネットは多数の Autonomous System (AS) の相互接続により構成
 - 各 AS は、利用形態に応じて利己的に他の AS とリンクを構築
 - 大規模かつ複雑なグラフを形成
 - 2012年時点: AS は約 4 万
- 様々な AS が存在
 - ISP(Internet Service Provider)
 - Tier-1, Tier-2, Tier-3
 - コンテンツプロバイダー
- AS レベルトポロジーの分析に関する既存研究 [6] [7] [9]
 - BGP ルーターの経路表からトポロジーを推定し、構造的特徴を分析
 - 次数特性、クラス階級、平均経路長など

一部のコンテンツプロバイダーの影響により、情報流通の形態が変化しインターネットが“フラット化”しているという知見が得られている



[6] A.-L. Barabasi et al., Science, Oct. 1999.
[7] T. Bu et al., Proc. of INFOCOM, Apr. 2002.
[9] Y. Shavit et al., Proc. of SCNP, Jan. 2012.

Osaka University

研究の目的

- インターネットにおける情報流通の“フラット化” [4]
 - かつては Tier-1 AS を頂点とする階層構造
 - 一部のコンテンツプロバイダーの影響により情報流通の形態が変化し、インターネットの経路長が短くなった
- しかし Tier-1 AS を中心とする情報流通は失われていない

情報流通の観点で中心を担っている AS は明らかではない

インターネットにおける情報流通の中心となるコアを抽出、コアの特徴を分析

[4] A. Dhamdhere and C. Dovrolis, "Twelve years in the evolution of the Internet ecosystem," IEEE/ACM Transactions on Networking (TON), vol. 19, pp. 1429-1433, Oct. 2011.

Osaka University

研究の方法

- AS レベルトポロジーを対象に k -dense 分解法を用いて、情報流通の中心を担っているコアを抽出
 - AS レベルトポロジーは、インターネットにおける AS 間の接続関係を示すグラフで AS がノードに、AS 間の関係がエッジに対応
 - AS レベルトポロジーは、BGP ルーティングテーブルから抽出、収集 [12]
 - k -dense 分解法はグラフ分解の手法
- 抽出したコアの特徴を分析
 - コアを構成する AS 数 (コアサイズ) ・ AS の種別 (Tier-1 やコンテンツプロバイダー)
 - インターネット全体の AS 数の増加に対するコアの経年変化

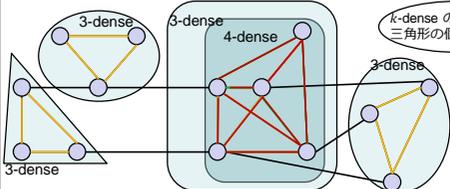
[12] Y. Nakata, S. Arakawa, and M. Murata, "Analyzing the evolution and the future of the Internet topology focusing on ow hierarchy," Journal of Computer Networks and Communications, vol. 113, pp. 13-16, May 2015.

Osaka University

k -dense 分解法 [6]

- 密に相互接続された集合をひとまとまりとした k -dense 部分グラフの組に分けるグラフ分解法
 - 各辺が構成する三角形の個数にもとづき分解
- AS レベルトポロジーの構造と密接に関係
 - AS レベルトポロジーは、地理的に近い大きな ISP の集合体が相互接続される一方、地理的に遠い小さな ISP との接続も多量に持つ

k -dense の k は 三角形の個数 -2 を示す



[6] C. Orfan, E. Gregori, L. Lenzi, and D. Kropalov, "Evolution of the Internet k -dense structure," IEEE/ACM Transactions on Networking (TON), vol. 22, pp. 1769-1780, Dec. 2014.

Osaka University

k -dense 分解法にもとづく分解結果

- k -dense 部分グラフの個数と k との関係
 - 7-dense 以上の部分グラフはすべて 1 つ
 - 大半の部分グラフは 6 dense 以下
- AS レベルトポロジーの構造
 - 7-dense 以上の部分グラフをすべて包含する 7-dense 部分グラフが 1 つ存在
 - その 7-dense 部分グラフに対して、6-dense 以下の部分グラフが数多く接続

7-dense 以上の部分グラフを中心とする接続形態

