



N+I 2004 Tokyo JANOG Special Session

ネットワーク、インターネット、IP ネットワーク、
なんでこうなってるの？これからどうなの？

Hidenori AWAYA (粟谷 英規) away@agelab.org
away@cisco.com

July 1st 2004

アジェンダ

- インターネットを含め、いろいろなネットワークに共通して見られる構造・その性質ってなに？
- インターネットの場合で具体的に見ると？
- その特性をふまえて、QoS とかどうしたら？

世界は広い. でも, 繋がろうとするなら意外と狭い.

U.S. 住民3億人からランダムに選んだ2人は, 平均で友人5.5ホップ経由で繋がることができる.
(実験社会学者ミルグラム, 1967)

彼らが使った方法: IP と似すぎな悪寒

- 大枠: 手紙を転送し続けてもらって追跡: **traceroute** してみる
- 手紙には宛先人の各種情報が載っている: **dst address** を指定
- 手紙が手元に来たら, 別の手紙に自分の情報を書いて全員同じ場所にする: **届いた hop の address を返す**
- で, 宛先人を個人的によく知っているなら直接届ける: **dst address の route を持っていれば直接**
- 個人的にはよく知らない場合, 自分より宛先人をよく知っていそうな友達にとりあえず投げる: **summary/default route 投げ**

結果

- 160通投げ, 42通が到達. (自分ならそんな手紙捨てます...)
- 最短で2ホップ経由. 10ほどのもあり. 平均値として 5.5.
→ 四捨五入して「6次の隔たり」: ジョン・グエアによる演劇 in 1991, 映画化

他にもあるの？ どんな特性が見つかったの？

ノートルダム大学内 30万のWeb ページの, あるページ1からあるページ2へは, 平均11回のリンクで届く.
(物理学者バラバシ, 1998)

- リンクされている数4未満なページが 80%.
- その一方, 1000を超えリンクされてるページが*0.01%も*ある.
- リンク数分布: 横軸にノードが持つリンク数, 縦軸にノード数をとってプロットすると, **べき乗則**にしたがっていて(両ログなら右下がりの直線), ランダムなら釣り鐘型になるはずなのと全然違う.

極端なリンク数を持つノード=**ハブ**の数が, ランダムなら指数関数的に落ちていくはずなのに, 実際には, **ハブ**とリンク数の少ないノードが共存してる.

- この意味でスケールがない, という, **スケールフリーなネットワーク** (Barabasi)

べき乗則になるものって、他には他には？

スウェーデン人の性的関係ネットワーク:
ほとんどは数人と、でも100人以上というものも(ハブ)

学術論文の引用ネットワーク

共同研究ネットワーク

US バイオテック企業提携ネットワーク

ハリウッド俳優のネットワーク: e.g. ケビン・ベーコン・ゲーム

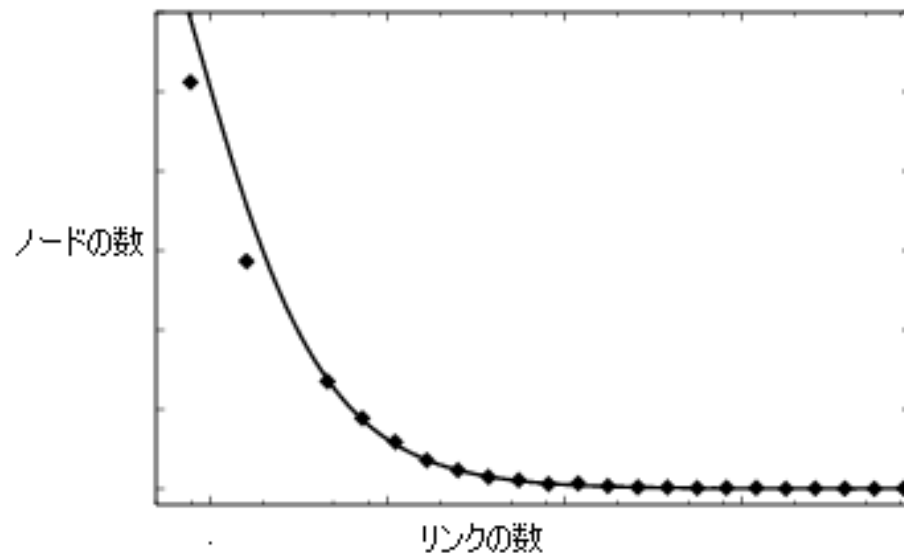
細胞の代謝のネットワーク

電子メールをやりとりするネットワーク

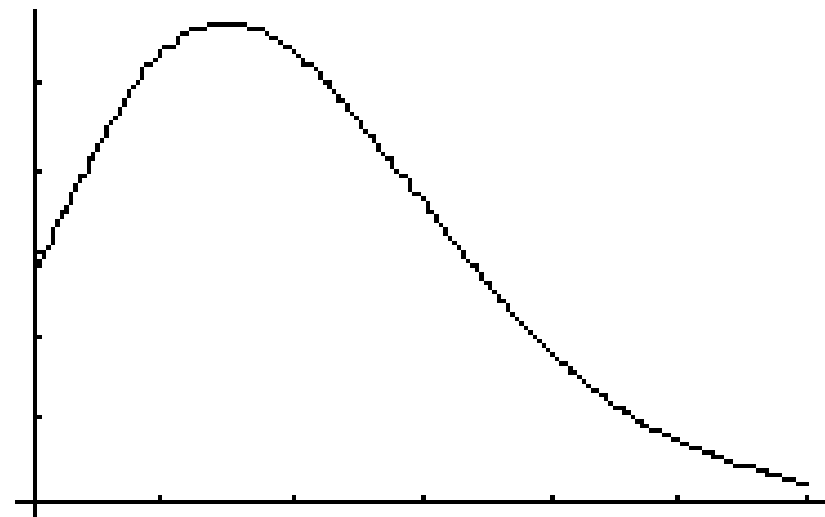
ルータのネットワーク
(ファルーチョ兄弟@リバーサイド校・トロント大・CMU)

べき乗則・スケールフリーとランダム分布図

スケールフリー・ネットワーク



ランダム・ネットワーク



横軸: ノードの持つリンク数、縦軸: そのノードの数

リンク数巨大ノードの存在が許されるのがスケールフリーネットワーク
(横軸ずっと右のほう)

なにがあると、べき乗則・スケールフリーになるの？

- ありがちな動機とネットワークの成長があれば、自己組織化して発現する.

どこかの集団に新たに入ろうとするときは、他と既にいっぱい繋がりを持ってる人にコンタクトしたほうがよくない？という考えで集まってくるだけ.

言い換えると、新たなノードが既存のネットワークに参加するときに（**成長するネットワーク**）、既に他とのリンクを多く持っているノードに対して新たなノードがリンクをはる動機が働く（**優先的選択**）こと

.

- 成長と優先的選択の2つがあるネットワークだと、時間を経て成長しく過程で、**リンク数が多いところに更にリンクが増えていく: マタイ効果「富めるモノはますます富む」** ...いいかどうかは別として.

で、日本のインターネットはどうよ？（やっところに...）

1. 昔なら難しかったり違ったかもしれないとしても、今は他とのリンクが多いところに繋ぎたい・繋げられる・繋いでしまう、という感じでは？
2. そうならば同じような構造のネットワークになり、
3. **巨大なハブ=IX?** が生まれてくるのは、必然か。狭い日本は大陸と違って地理的・物理的制約が効きにくいと考えられるし。

じゃあ、**IX がガツンとあるトポロジってどうなの？**

IX がガツンとあるトポロジって？

IX・ハブを中心としたスケールフリーネットワークは、
障害という観点では、

- 偶発的・ランダムなノードの障害には非常に強い。
シミュレーションでは、ランダムに 80% 落としても、生き残り達でネットワークの分断を回避できたり。
- 一方で、IX・ハブを意図的に狙われたりすると、
コロッと逝ってしまう。

また、「IX の容量が足りるのか」問題アリ。

この構造の強み・弱みを、どう捉え、どう扱うか？

IX が頑張れば、耐障害性は結構いいので、スルスルで ok？

でも最低限の守り(線引きが難しいものの)は入れておいて、かつ、その情報はシェアしたいかも(filtering の話とか)。

そして、(やっと)ここで QoS の話を持ってくると、インターネットで IP レベルで入れ込むのは……………

さて QoS どうするか？

QoS、どうでしょう？

- 箱と網を高機能にして、まだ頑張ってみる？

トラフィックの内容・意味・目的を拾って判断するために、L4-7 まで覗いたり、**overlay / label switching** で既にエンドで分離してL4 までの情報に叩き込んだり... 技術的・方法論的に **Intelligent**?

出来たとしても、元々のインターネットの良い特性を損なったり、コストがダメポかも？

- **QoS** とか要るなら、インターネットでない別の**IP** ネットワーク？
部分的にだけ **IP** ？

IP でキッチリ出来る？コストは？

(ご質問)どれも、オペレーションの負荷・コスト・障害対応はキツイ？

そうならば、もう**IP** でない別の乗り物を使って頂いたらどうでしょう。

結局全体としてはどうなのよ？（やっとなここに・・・）

- インターネットでの QoS というのは基本的に捨てる。
- 閉じた IP ネットワークでは、L4-7 までの意味を解釈する仕組みを、箱なり網なり頑張って作ってみて、それで出来る QoS 辺りの内容を、お客様とちゃんと話をし同意を得てやってみる。
- それで無理なトラフィックは IP じゃないところで流れていただく。

こうすると IX 辺りの負荷も下がり、総体として
コストやリスクも少なくすむのでは？

- また、お金が減るかもしれないけども、研究はがんばっておく。
技術として多様性を残していないと、これから何かあったときに対応できなくなるかもしれない。

Thank you very much!