

Измеряем океан мензуркой (оценка характеристик глобальной сети)

Алексей Владиславович Городилов,
Александра Игоревна Кононова

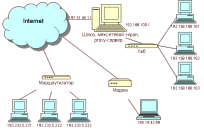
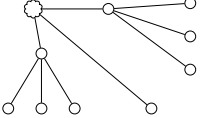
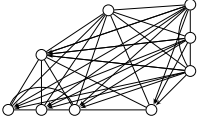
НИУ МИЭТ

24 августа 2019 г.

Существующие модели роста сетей

Структурный подход к описанию сети — сеть представляется как граф узлов и связей между ними. Важной характеристикой графа является **распределение длин путей между узлами** и его свойства.

На сетевом уровне модели TCP/IP сеть — это дерево.

<p>Канальный уровень (network access) Ethernet, PPP</p>		<p>Модель случайного графа</p>	<p>Недостатки</p>
<p>Сетевой уровень (internet) IP, ICMP, NAT</p>		<p>Эрдёша—Реньи Постоянная вероятность соединения двух вершин $p_{ij} = const$</p>	<p>Невозможность создания связного дерева</p>
<p>Транспортный уровень (transport) TCP, UDP</p>		<p>Ваттса—Строгаца Переход от регулярного графа к модели Эрдёша—Реньи</p>	
<p>Прикладной уровень (application) WWW, FTP</p>	<p>Зависит от реализации</p>	<p>Барабаши—Альберт Постепенный рост по принципу предпочтительного присоединения $p_{ij} \sim \nu_j$</p>	<p>Несовпадение характеристик с измеряемыми</p>

Измерение длин путей сетевого уровня

```

$ traceroute ya.ru
traceroute to ya.ru
(87.250.250.242), 30 hops max,
60 byte packets
1 192.168.1.1 (192.168.1.1) 0.667 ms
0.846 ms 1.020 ms
2 10.157.0.1 (10.157.0.1) 15.973 ms
17.576 ms 19.187 ms
3 10.109.11.6 (10.109.11.6) 21.292
ms 23.241 ms 24.935 ms
4 mag9-cr01-be12.51.msk.stream-
internet.net (212.188.1.5) 26.661 ms
28.313 ms 30.045 ms
...
10 * * *
11 ya.ru (87.250.250.242) 43.252
ms vla1-1d4-eth-trunk14-1.yndx.net
(87.250.239.153) 47.180 ms ya.ru
(87.250.250.242) 46.490 ms

```

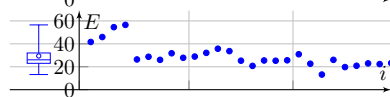
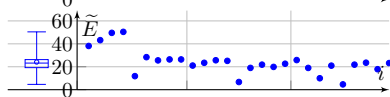
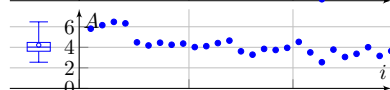
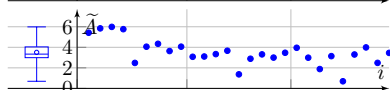
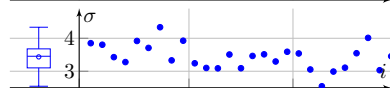
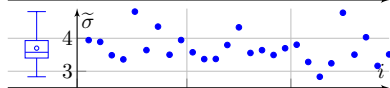
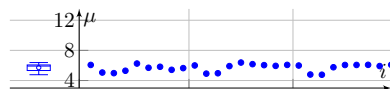
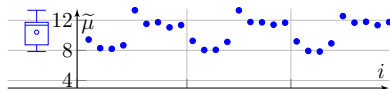
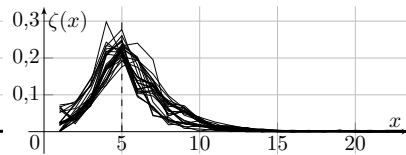
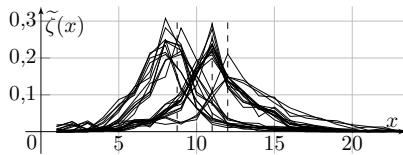
Оконечные узлы (доменное имя
или IP-адрес)



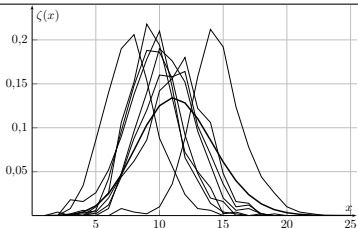
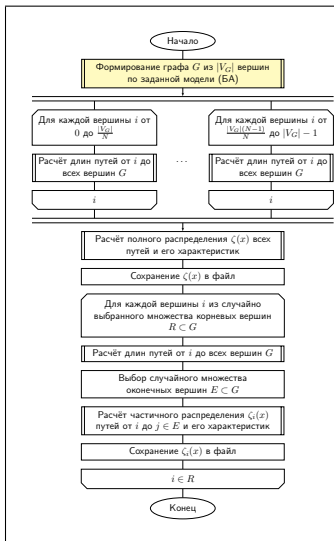
Корневой узел
(полный доступ)

3 набора конечных узлов — P (564 уникальных IP-адреса), R (5222) и T (540); 3 корневых узла — A , H и M → 27 измерений.

Результаты измерения



Дерево Барабаши–Альберт и имитация измерений

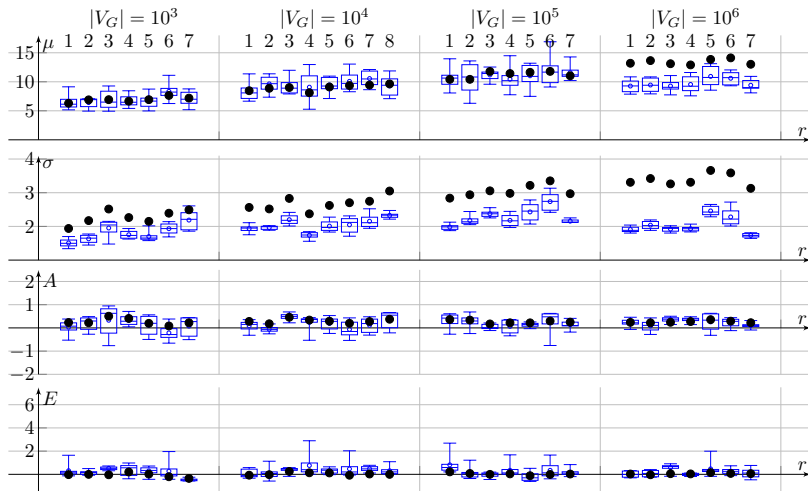


Реальные характеристики $\zeta(x)$ для дерева из $|V_G| = 10^5$ вершин:
 Асимметрия $A \approx 0,3$ ($0,2 \dots 0,4$)
 Эксцесс $E \approx 0,0$ ($-0,1 \dots +0,2$)

Имитация измерений:
 Асимметрия $A \approx 0,2$ ($0,0 \dots 0,3$)
 Эксцесс $E \approx 0,3$ ($-0,2 \dots +0,8$)

Отличие от эксперимента: 94% и 99%
 Характеристики A и E мало
 изменяются при росте $|V_G|$.

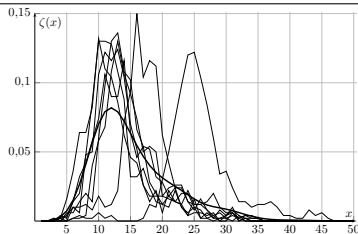
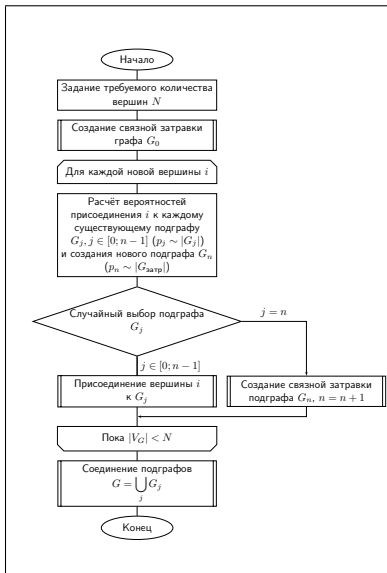
Характеристики $\zeta(x)$ дерева Барабаши–Альберт и их оценки



Промежуточные выводы

- 1 Характеристики оценок $\zeta_i(x)$ не являются приближёнными значениями характеристик распределения длин путей между узлами в глобальной сети $\zeta(x)$.
- 2 Различие между распределением длин путей между узлами на сетевом уровне в глобальной сети и в модели Барабаши-Альберт обусловлено не случайными отклонениями и не методикой измерения.
- 3 Основные гипотезы о причинах отличия характеристик модели от экспериментальных:
 - ограничение сверху максимальной степени узла $\nu_i \leq M$ (ограниченные ресурсы устройства);
 - удаление узлов с некоторой вероятностью p_{del} (аварии в глобальной сети и их устранение);
 - квазипредфрактальная структура графа $G = \bigcup_i G_i$
(глобальная сеть как совокупность подсетей множества провайдеров);

Рост квазипредфрактального дерева

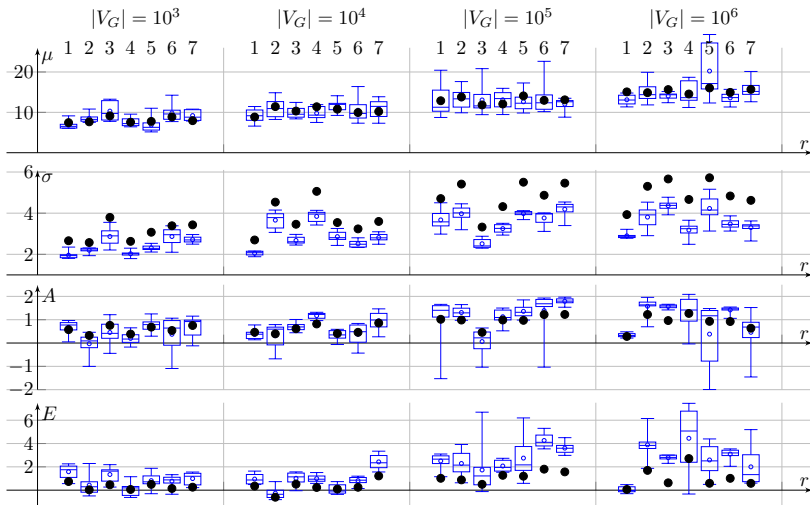


Реальные характеристики $\zeta(x)$ для дерева из $|V_G| = 10^5$ вершин:
 Асимметрия $A \approx 1,0$ (0,5...1,2)
 Экссесс $E \approx 1,2$ (0,5...1,8)

Имитация измерений:
 Асимметрия $A \approx 1,2$ (0,1...1,8)
 Экссесс $E \approx 2,7$ (1,7...4,3)

Отличие от эксперимента: 66%
 и 89% (улучшение на 10%)
 Характеристики A и E растут при росте $|V_G|$.

Характеристики РДП квазипредфрактальных деревьев



Выводы

- 1 Высокие значения асимметрии и эксцесса оценок $\zeta_i(x)$ распределения длин путей между узлами на сетевом уровне обусловлены квазипредфрактальной структурой глобальной сети.
- 2 Характеристики оценок $\zeta_i(x)$ не являются приближёнными значениями характеристик распределения длин путей между узлами в глобальной сети $\zeta(x)$, но могут быть использованы для качественного оценивания их значений.

Спасибо за внимание!

НИУ МИЭТ

<http://miet.ru/>

Алексей Владиславович Городилов,

Александра Игоревна Кононова

illinc@bk.ru