# 接口级拓扑测量，

traceroute是接口级拓扑测量中最常用的测量工具，也是Internet接口级别拓扑测量的仅有的原语(primitive)，其他的工具和技术都是traceroute-like的。

最早在1988年，van jacobson实现了ICMP traceroute。在之后的大部分UNIX-like系统发行版本中，traceroute都被实现成了UDP版本。

2001年，Michael Toren用TCP SYN探测包实现了traceroute，一定程度上克服了ICMP，UDP被防火墙过滤的缺陷，然而在网络边缘的主机仍有可能过滤未建立连接的TCP。

针对负载均衡造成的traceroute假路径问题，2006年，法国UPMC的Brice Augustin等发布了Paris traceroute工具，对traceroute进行了改进，通过操纵ICMP的首部，控制探测包在负载均衡存在的情况下只走一条路径。

针对大规模traceroute中观察点的选择问题，2009年，法国Brice Augustin使用了Targeted Probing(定向探测)技术，根据领域知识，精心选择TR的源和目的列表，并辅以LSSR选项，使得TR对IXP的peering的发现率大大提高。[35] 2011年，美国Boston University的B.Eriksson提出了将拓扑测量转化为统计学上的unseen species 问题，然后使用矩阵填充技术来推断未被大规模traceroute发现的设备和链接。[33]

针对大规模traceroute的负载问题，2006年，法国UPMC的Benoit Donnet在文章中提出了far probe技术，在监控点内部使用，并且提出top set技术，在监控点之间使用，降低了他raceroute的冗余和负载。[37]

traceroute大规模拓扑探测最早是从几个观测点出发进行的探测，例如1998年起，法国UoS Pansiot等人进行的研究。[39]

专用大规模拓扑探测平台有CAIDA的Skitter利用web服务器，以及Skitter的后继Arc。[40][41]

此外还有一般意义的分布式测量平台，iPlane[13]，和UW的RocketFuel[14]，都是基于2003年发起的PlanetLab项目的。

除此之外一些公共的Traceroute server，作为拓扑探测的窥镜(looking glass)，由于其测量点的分布覆盖范围广，能够保证较好的完全性，但是由于公共服务器对查询次数的限制，这种方法只适用于小尺度的拓扑测量。

此外还有crowd sourcing测量，不再适用专用的测量平台，而是利用Internet大量的用户基础，通过在浏览器安装插件，让终端用户执行测量工作，如Scriptroute[43]，Dimes[12]，Bitprobe[44]等。这种方法，需要额外的设计权衡，和安全性考虑。

针对traceroute正反向路径的不对称性，2010年，USC的E. Katz-Bassett实现了reverse-traceroute，利用了prespecified timestamp(TS)和 record route options(RR)来识别沿着反向路径的每一跳。[50]

子网发现作为traceroute的扩展，对ip路径上的子网拓扑进行了更近一步的探测。traceroute返回路径中转发路由接口的IP地址，2010年utaxes的M. Tozal 的tracenet可以访问到路由间的子网，并且标注IP地址之间的关系和通过测试获得的子网掩码。类似的工具还有同样是2011年M. Tozal发表的XNET工具。

[5] M. C. Toren, tcptraceroute: an implementation of traceroute using TCP SYN packets

[7] B. Augustin, X. Cuvellier, B. Orgogozo, F. Viger, T. Friedman, M. Latapy, C. Magnien, and

R. Teixeira, Avoiding Traceroute Anomalies with Paris Traceroute, in Proceedings of the 6th ACM SIGCOMM conference on Internet measurement. ACM, 2006, pp. 153-158.

[35] B. Augustin, B. Krishnamurthy, and W. Willinger, “IXPs: Mapped?” in Proceedings of the 9th ACM SIGCOMM conference on Internet measurement conference. ACM, 2009, pp. 336–349.

[33] B. Eriksson, P. Barford, J. Sommers, and R. Nowak, DomainImpute: Inferring unseen components in the Internet, in INFOCOM, 2011 Proceedings IEEE, pp, 171-175.

[37] B. Donnet, P. Raoult, T. Friedman, and M. Crovella, Deployment of an algorithm for large-scale topology discovery, Selected Areas in Communications, IEEE Journal on, vol. 24, no. 12, pp. 2210-2220, 2006.

[40] CAIDA, Macroscopic Topology Measurements Project and the Skitter infrastructure, http://www.caida.org/tools/measurement/skitter/.

[41] CAIDA, Macroscopic topology measurements project and the archipelago measurement

infrastructure, http://www.caida.org/projects/ark/, 2011.

[13] H. V. Madhyastha, T. Isdal, M. Piatek, C. Dixon, T. Anderson, A. Krishnamurthy, and

A. Venkataramani, iPlane: An information plane for distributed services, in Proceedings of the 7th symposium on Operating systems design and implementation. USENIX Association, 2006, pp. 367-380.

[42] Y. He, G. Siganos, M. Faloutsos, and S. Krishnamurthy, Lord of the links: a framework

for discovering missing links in the Internet topology, IEEE/ACM Transactions on Networking

(ToN), vol. 17, no. 2, pp. 391-404, 2009.

[43] N. T. Spring, D. Wetherall, and T. E. Anderson, Scriptroute: A Public Internet Measurement Facility, in USENIX Symposium on Internet Technologies and Systems, 2003.

[44] T. Isdal, M. Piatek, A. Krishnamurthy, and T. Anderson, Leveraging BitTorrent for end host measurements, in Passive and Active Network Measurement. Springer, 2007, pp. 32-41.

[12] Y. Shavitt and E. Shir, DIMES: Let the Internet measure itself, ACM SIGCOMM Computer

Communication Review, vol. 35, no. 5, pp. 71-74, 2005.

[50] E. Katz-Bassett, H. V. Madhyastha, V. K. Adhikari, C. Scott, J. Sherry, P. Van Wesep, T. E. Anderson, and A. Krishnamurthy, Reverse traceroute, in NSDI, vol. 10, 2010, pp. 219-234.

[53] M. Tozal and K. Sarac, Tracenet: an Internet topology data collector, in Proceedings of the 10th ACM SIGCOMM conference on Internet measurement. ACM, 2010, pp. 356-368.

国内研究现状：

2007年，哈尔滨工业大学[1]以建立中国IP级网络拓扑图景为目标,首先评价了传统的目标抽样法,提出了3项改进技术,并测量了中国网络,然后运用复杂网络研究方法提取并比较分析了拓扑特征,最后采用IP2AS技术统计了自治域规模。

2009年，哈尔滨工业大学[2]开发了fastrace，其中所采用的新技术可在保证完整性的同时将探测负载降低一半。

[1] 张宇，方滨兴，张宏莉. 中国IP级网络拓扑测量与分析. 通信学报. 2007

[2] 张宇，大规模网络拓扑测量与分析研究，计算机系统结构， 2009