4）AS级拓扑测量

国外：

代表性研究机构与项目包括：(1)南加州大学资讯科学研究院[1]在1997年最先使用BGP信息来绘制AS级拓扑图。 (2)Mao等人[2]在2003年开发了BGP Beacons作为网络上的路由器来主动地广播和撤销前缀，并观察从不同的路由收集器获得的结果，来推断一些BGP总体行为；Bush等人[3]在2009年使用这个技术来测量互联网上默认路由的流行性，并在AS级拓扑上解释了从控制测量和数据层测量中获得的数据的不同性。(3)Zhang等人[4]在2005年收集RouteViews和RIPE RIS的BGP数据，并积累来自路由更新的拓扑信息，来绘制AS级拓扑图。(4)以色列特拉维夫大学[5]在2005年开发了DIMES。DIMES是一个高度分布式的全球互联网测量基础设施，使用大量相互交互的测量代理来测量互联网结构和演化，并以此数据来绘制AS级拓扑。(5)西北大学和AT&T实验室[6]在2009年使用Traceroute获取路径信息，之后通过IP-to-AS映射从Traceroute数据中推断AS层路径，特性化新发现的连接并找出链接丢失的根本原因，从而揭露互联网拓扑中的隐藏区域。

主要技术进展包括：(1)使用BGP信息来绘制AS级拓扑图[1][4][7]。(2)使用Traceroute测量IP级拓扑，并将测量数据转换为AS级数据。[8][9]。(3)使用观察的路由路径并假设信息是正确的，来推断AS间关系[10][11][12]。(4)研究当前推断的AS级拓扑结构是否完整，并绘制更完整的AS拓扑[13][14]。

国内：

(1)国防科学技术大学计算机学院[15]在2012年基于BGP协议，研究域间路由系统在自治系统AS级的拓扑结构，理解并揭示了AS拓扑的结构及连通性方面的特征。(2)西安理工大学高等技术学院[16]在2007年通过监测运行有BGP协议路由器的路由表以动态构造AS级网络拓扑图的原理，给出了基于BGP协议的AS级网络拓扑测量的算法。(3)中国科学院计算技术研究所[17]在2007年通过大规模的多点主动测量，得出了更全面和准确地中国大陆AS级拓扑，并对其拓扑特征进行了全面的刻画。(4)哈尔滨工业大学计算机网络与信息安全技术研究中心[18]在2008年采用基于BGP，基于traceroute和基于IRR的方法从不同数据源获取了拓扑快照，并对快照进行基于集合运算的分组比较，从而得到了一幅较完整可信的图。(5)哈尔滨工业大学计算机科学与技术学院[19]在2014年分析了被测AS的拓扑特征与其拓扑被发现完整性之间的关系，发现测量完整性随着被测AS与测量点间距离、测量点和被测AS邻居数量的增大而减小，与测量点的路由策略没有明确关系。

[1] R. Govindan and A. Reddy, "An analysis of Internet inter-domain topology and route stability," in INFOCOM'97. Sixteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings IEEE, vol. 2. IEEE, 1997, pp. 850-857.

[2] Z. M. Mao, R. Bush, T. G. Gri\_n, and M. Roughan, "BGP beacons," in Proceedings of the 3rd ACM SIGCOMM conference on Internet measurement. ACM, 2003, pp. 1-14.

[3] R. Bush, O. Maennel, M. Roughan, and S. Uhlig, "Internet optometry: assessing the broken glasses in Internet reachability," in Proceedings of the 9th ACM SIGCOMM conference on Internet measurement conference. ACM, 2009, pp. 242-253.

[4] B. Zhang, R. Liu, D. Massey, and L. Zhang, "Collecting the Internet AS-level topology," ACM SIGCOMM Computer Communication Review, vol. 35, no. 1, pp. 53-61, 2005.

[5] Y. Shavitt and E. Shir, "DIMES: Let the Internet measure itself," ACM SIGCOMM Computer Communication Review, vol. 35, no. 5, pp. 71-74, 2005.

[6] K. Chen, D. R. Choffnes, R. Potharaju, Y. Chen, F. E. Bustamante, D. Pei, and Y. Zhao, "Where the sidewalk ends: Extending the Internet AS graph using traceroutes from P2P users," in Proceedings of the 5th international conference on Emerging networking experiments and technologies. ACM, 2009, pp. 217-228.

[7] P. Mahadevan, D. Krioukov, M. Fomenkov, X. Dimitropoulos, A. Vahdat et al., "The Internet AS-level topology: three data sources and one definitive metric, " ACM SIGCOMM Computer Communication Review, vol. 36, no. 1, pp. 17–26, 2006.

[8] Z. M. Mao, J. Rexford, J. Wang, and R. H. Katz, "Towards an accurate AS-level traceroute tool, " in Proceedings of the 2003 conference on Applications, technologies, architectures, and protocols for computer communications. ACM, 2003, pp. 365–378.

[9] M. A. Sánchez, J. S. Otto, Z. S. Bischof, D. R. Choffnes, F. E. Bustamante, B. Krishnamurthy, and W. Willinger, "Dasu: Pushing experiments to the Internet’s edge," in Proc. of USENIX NSDI, 2013.

[10] L. Gao, "On inferring autonomous system relationships in the Internet, " IEEE/ACM Transactions on Networking (ToN), vol. 9, no. 6, pp. 733–745, 2001.

[11] G. Di Battista, M. Patrignani, and M. Pizzonia, "Computing the types of the relationships between autonomous systems, " in INFOCOM 2003. Twenty-Second Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications. IEEE Societies, vol. 1. IEEE, 2003, pp. 156–165.

[12] J. Xia and L. Gao, "On the evaluation of AS relationship inferences [Internet reachability/traffic flow applications], " in Global Telecommunications Conference, 2004. GLOBECOM’04. IEEE, vol. 3. IEEE, 2004, pp. 1373–1377.

[13] 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.

[14] R. Oliveira, W. Willinger, B. Zhang et al., "Quantifying the completeness of the observed Internet AS-level structure, " 2008.

[15] 邓文平, 郭敏, 胡晓峰,等. 互联网AS拓扑的结构与连通性研究[J]. 计算机工程与科学, 2012, 34(6):1-6.

[16] 赵红毅, 燕莎, 李学平,等. 基于BGP协议的AS级网络拓扑测量的研究[J]. 西安文理学院学报:自然科学版, 2007, 10(3):55-59.

[17] 张国强, 张国清, 范晶. 中国大陆AS级拓扑的测量与分析[J]. 通信学报, 2007, 28(10):92-101.

[18] 张宇, 方滨兴, 张宏莉. 中国AS级拓扑测量与分析[J]. 计算机学报, 2008, 31(4):611-619.

[19] 苏申, 张宇, 张宏莉,等. AS级拓扑被动测量点的测量完整性评价[J]. 电子学报, 2014, 42(8):1608-1612.