[31] J. Sommers, P. Barford, and B. Eriksson, “On the prevalence and characteristics of MPLS deployments in the open Internet,” in Proceedings of the 2011 ACM SIGCOMM conference on Internet measurement conference. ACM, 2011, pp. 445–462.

文章题目：开放互联网中MPLS部署的现状与特性

by 李秉睿

文章利用CAIDA Ark在08-11年的路径测量数据作为研究数据集，利用traceroute支持MPLS发现的特性，对MPLS部署的现状和特性进行分析，研究MPLS的演变，并根据数据分析观察得到的结果作为依据提出判断MPLS接口和MPLS路径的方法。

因为MPLS隧道有两种模式：uniform mode和pipe mode，因为只有运行在前者模式下的MPLS隧道才可被traceroute发现，故文章主要分析的是在该模式下的数据集，因此文章最终采用08年6月到11年8月中traceroute数据（08年上半年数据为pipe mode）。

文章利用CAIDA的AS前缀来进行IP-to-AS匹配，并用UCLA Cyclops 数据对AS类型进行识别。然后对处理过的数据进行基于AS的分析，识别部署MPLS的AS的数量和特征，发现以下特点：

1. 配置MPLS的AS数量基本稳定，占总数7%

2. AS类型自顶（Tier-1）向下（Stub）配置MPLS数量递减，但每一类型数量的百分比都很稳定，Tier-1基本都有，stub只占5%

3. 所有AS中总MPLS隧道数在08年锐减，09年中反弹并持续上升，目前为止共350k个隧道，该趋势与道琼斯指数变化惊人相似，推测MPLS与经济息息相关，并认为可能是经济原因引发电信领域合并

4. 隧道少于10个的AS数量常年占20%，不超过200个的占80%

5.大的网络更可能出现在端到端的连接中，且部署MPLS

随后文章对所有穿过某个AS且在该AS内部穿且仅穿过一个隧道的路径进行分析，将穿过AS且在AS内部的路径分为隧道前，隧道中，隧道后三部分，对每部分的跳数进行统计分析发现：

1. 只有隧道中的跳数在三年期间逐渐减少，从平均超过4跳变为3跳
2. 对部分AS进行隧道长度分析发现很多长度为1的隧道，并解释可能是因为配置penultimate hop-popping（PHP）造成的现象
3. 发现90%的隧道时延在150ms以下
4. 对嵌套隧道分析， 发现77-90%AS最大嵌套数为1，10-20%为2

文章通过对比非MPLS的数据发现MPLS的接口时延差相对比non-MPLS的更接近0，MPLS的接口的IP前缀相对于non-MPLS的更长,并根据以上结果建立模型：

1. 提出了贝叶斯数据融合方法来判断接口是否是MPLS接口，结合了IP定位数据和 路径测量信息。随后验证该方法发现了超过55%的MPLS接口，并且只有10%的non-MPLS错误率  
2. 利用路径长度，接口信息来发现MPLS路径，最终发现80%的路径，只有10%错误率

文章最后得出了结论：1. 过去三年MPLS部署的增长趋势和由于Tier-1提供者广泛使用MPLS使得数据包遇到MPLS隧道的可能性大大增加；2. 隧道可能在10ms级的时间内穿过整个transit provider；3. 检测到流量的分类和使用虽有变化，但是分类多样性依然。

文章在最后利用上述方法应用在pipe mode数据集中（08年上半年数据），并以08年6月份作为参考信息，最终上述方法的结果与实际基本相符。