

AS路径环路的研究



张圣林

清华大学网络科学与网络空间研究院（原网络中心）

2013. 10



1. 研究背景

2. 研究方法

3. 统计结果

4. 原因分析

5. 总结

根据RFC 4271，BGP协议能够从本质上消除环路，因为其路由通告信息中包含AS-PATH属性。

当一个路由通告信息到达某个AS时，该AS会检查其AS-PATH属性中是否包含本地的AS号。如果包含，则立即丢弃这一信息，环路便被解除了。

然而，一些研究却证实了BGP AS路径环路是存在的（SIGCOMM 13, SIGCOMM 12, IMC 12）。

另外，一些研究证实了横跨多AS的转发环路的存在（Computer Networks 07）。我们的研究证实了BGP AS路径环路可能会导致横跨多AS的转发环路。

这样，研究BGP AS路径环路可以减少转发环路所带来的高丢包率，高传输时延等问题。



1. 研究背景

2. 研究方法

3. 统计结果

4. 原因分析

5. 总结

Oregon RouteViews 监测全球各个位置的监测点的路由数据。

route-views4数据收集点位于美国的俄勒冈州大学，能够同时监测IPv4和IPv6的数据，这对于研究AS路径环路在IPv6中的特性十分有必要。

route-views4每隔2小时收集一次各个监测点上的BGP路由表映射数据，并存储为MRT格式，即RIB数据。

RIB数据的每一条条目中包含时间戳，观测点地址，前缀，AS-PATH属性等信息。

我们将每一天收集的12次BGP路由表映射数据中重复的数据去掉，并合并为一个路由表。之后，选出那些AS-PATH属性中包含环路的路由条目，并称之为AS路径环路异常。

我们处理了大约8TB的数据，得到了从2011年6月1日到2013年5月31日共728天的AS路径环路数据。



1. 研究背景

2. 研究方法

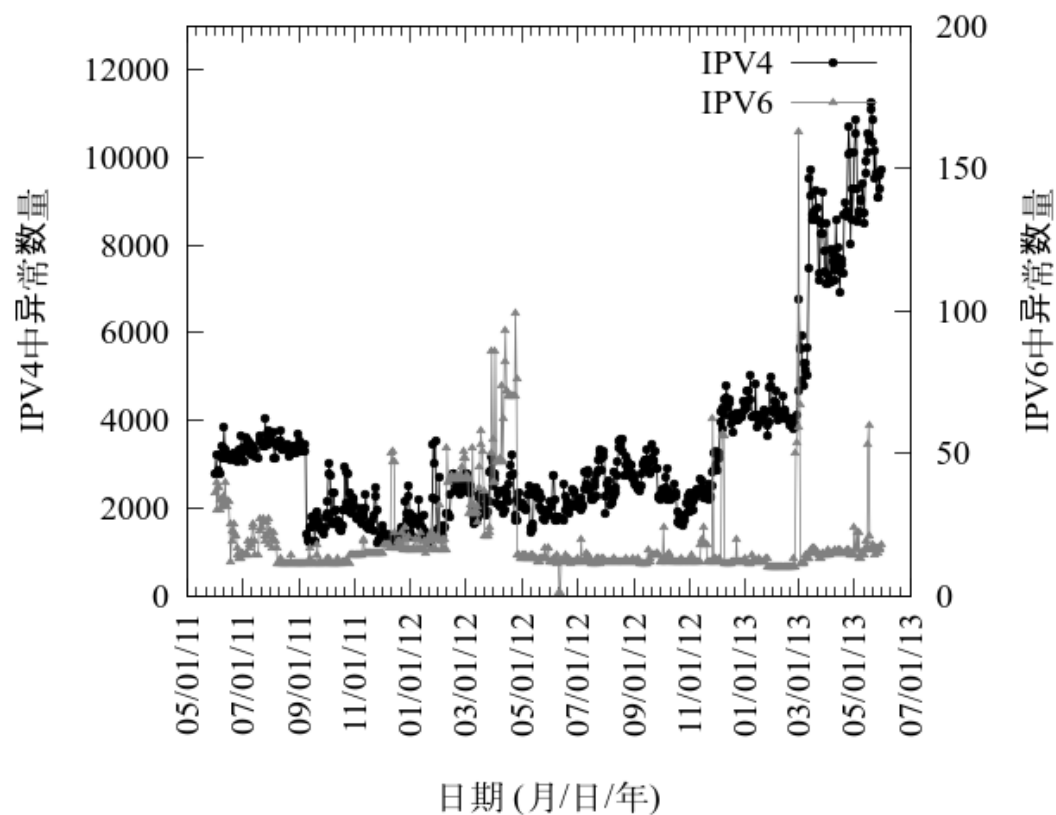
3. 统计结果

4. 原因分析

5. 总结

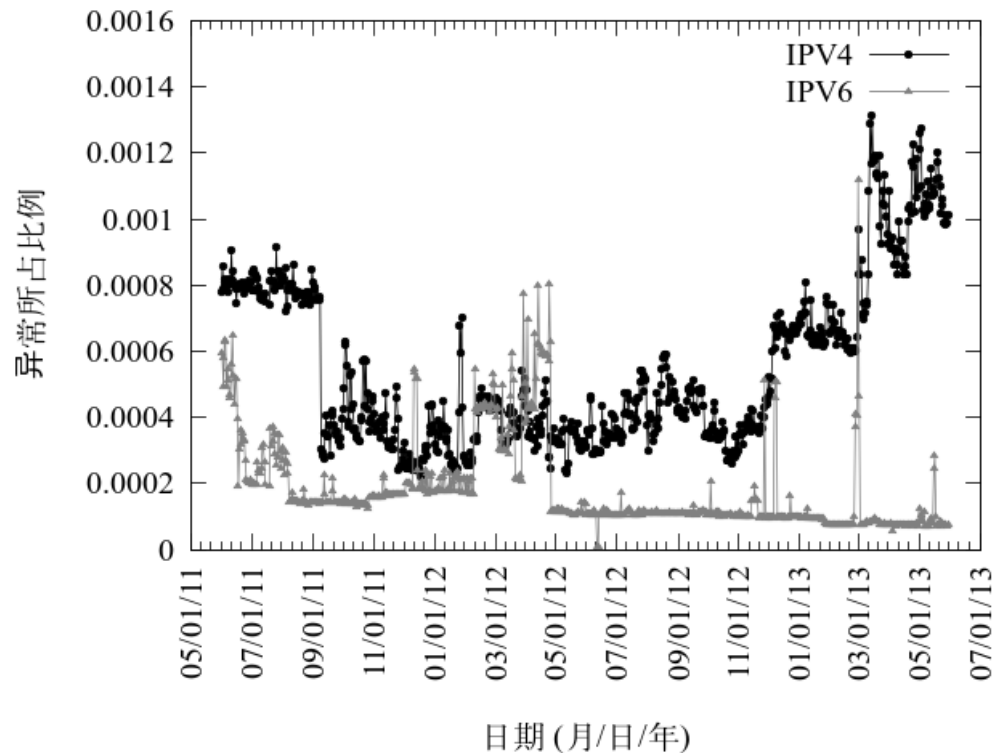
AS路径环路的数量

从2011年6月1日到2013年5月31日，在IPv4中共检测到不同AS路径环路异常的数量为177851，IPv6中的数量为698。每天发生的AS路径环路数量如下图所示。



AS路径环路的比例

我们统计了每天发生AS路径环路异常的数量与路由总条目的数量的比例。每天发生的AS路径环路比例如下图所示。由此可以看出在IPv4中的比例比在IPv6中要高。



AS路径环路数量和比例中位数

在IPv4中，2011年和2012年AS路径环路异常的数量较为稳定，2013年出现激增。由于总路由条目增多，其比例在2012年出现了下降。在IPv6中，3年中AS路径环路异常的数量较为稳定，但由于总的路由规模增大，其所占的比例逐渐减小。

年份	中位数 (IPv4中数量)	中位数 (IPv4中比例)	中位数 (IPv6中数量)	中位数 (IPv6中比例)
2011	2346	4.92×10^{-4}	15	1.69×10^{-4}
2012	2324	3.75×10^{-4}	13	1.13×10^{-4}
2013	7202	8.69×10^{-4}	14	7.72×10^{-5}

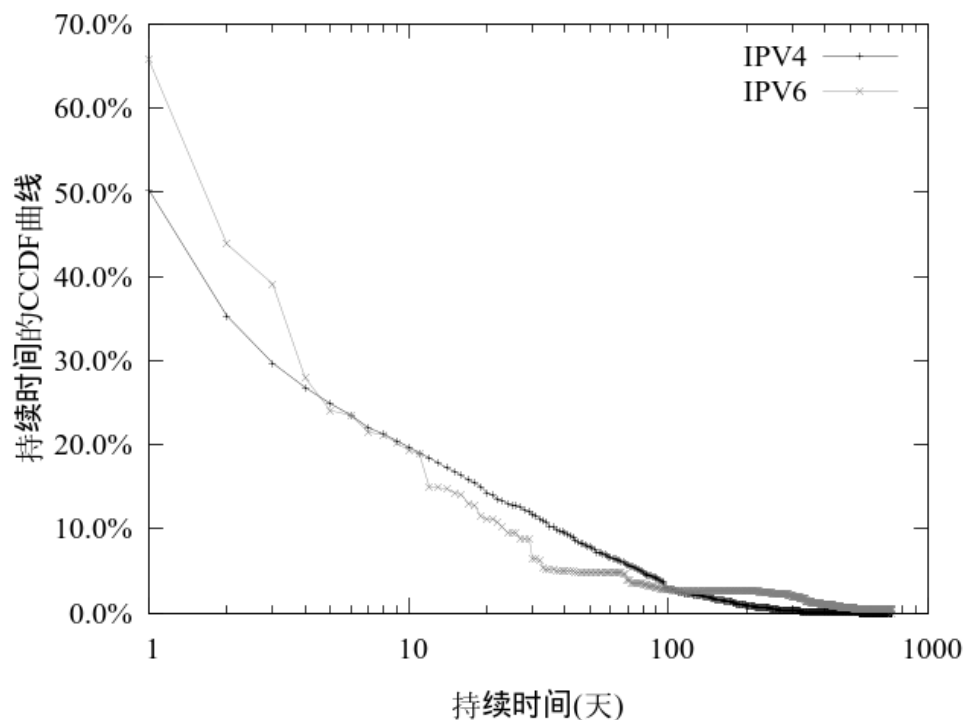


清华大学

Tsinghua University

AS路径环路的持续时间分布

AS路径环路异常的持续时间分布的CCDF图如下所示。在IPv4中，49.69%的AS路径环路异常只出现一次或者持续时间少于一天。在IPv6中，这一比例只有34.24%，这一部分可以解释为路由信息不一致。



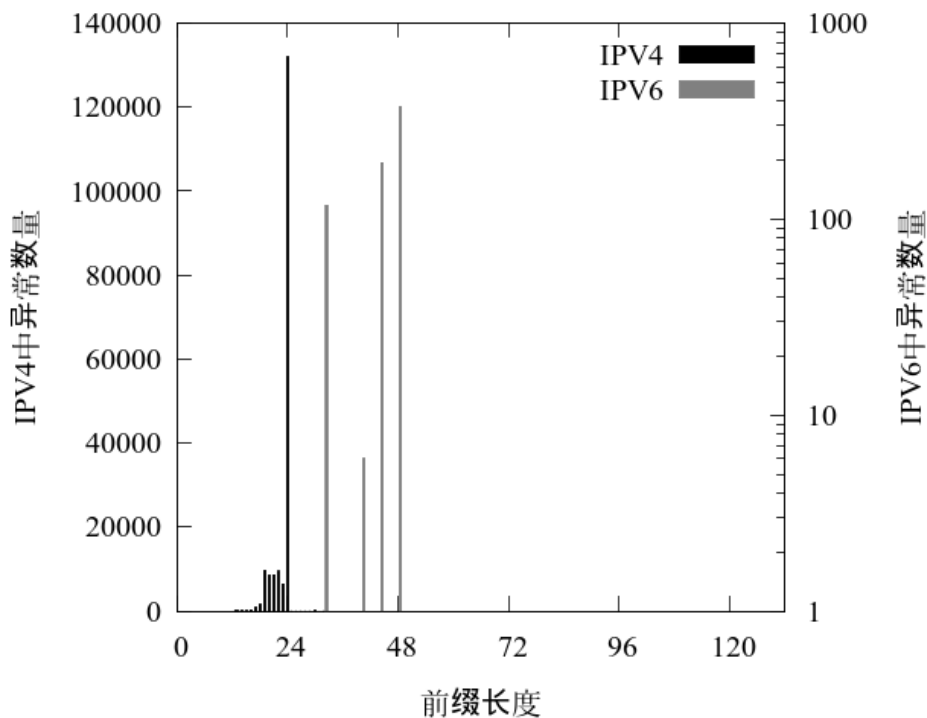
AS路径环路的持续时间期望值

除去那些因为路由信息不一致导致的持续时间少于一天的AS路径环路异常，无论在IPv4中还是在IPv6中，剩余的异常持续时间的期望值都较高。另外，在IPv4中和IPv6中，分别有2个AS路径环路异常的持续时间超过了728天，即超过了所统计的数据的周期。这些难以用路由信息不一致解释。

IP版本	大于0天	大于1天	大于9天	大于29天
IPv4	13.7	26.2	59.5	89.2
IPv6	17.6	26.3	78.0	158.9

AS路径环路的前缀分布

我们统计了不同前缀长度的前缀中发生的AS路径环路异常的数量分布。在IPv4中，/24占据了主导地位。在IPv6中，则是/48占据了主导地位。这与两者占据了路由表的大部分有关。





1. 研究背景

2. 研究方法

3. 统计结果

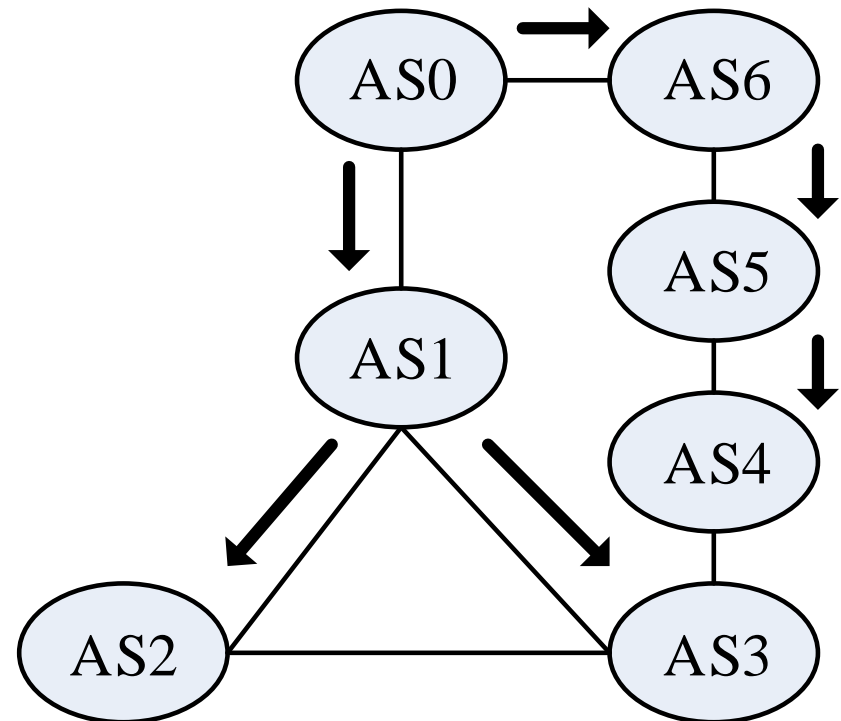
4. 原因分析

5. 总结

D. Pei等人的研究（ICDCS 04）认为，短暂AS路径环路的产生是路由信息不一致导致的。即物理硬件和路由机制的限制延迟了路由更新信息的传播，进而引起了各个AS之间的路由信息不一致，并最终导致了路由收敛过程中产生了AS路径环路。

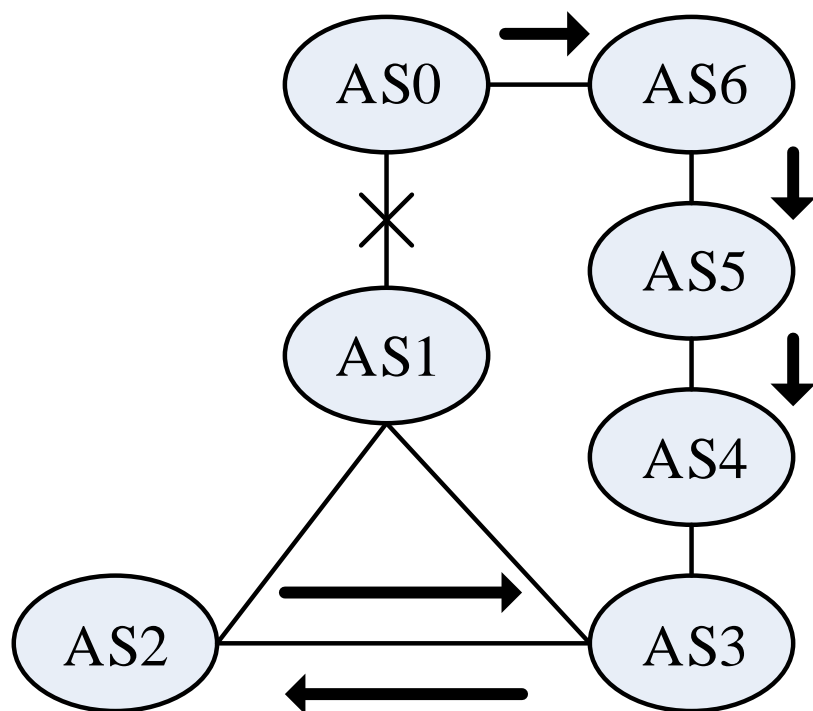
路由信息不一致举例

AS2与AS3的路由终点前缀与AS0相连。AS2与AS3都可以通过AS1最短到达AS0，即AS2到达AS0的最短路径为(AS2, AS1, AS0)，AS3到达AS0的最短路径为(AS3, AS1, AS0)。



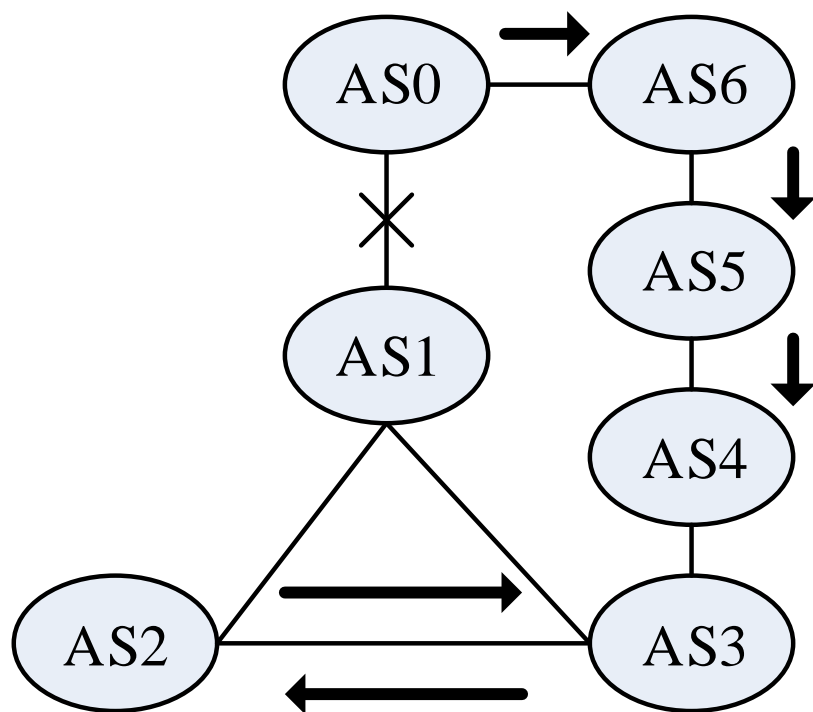
路由信息不一致举例

当AS0与AS1之间的链路故障时，AS1会向AS2和AS3通报故障。AS2检查其路由表，发现一个可替换的路径，即(AS2, AS3, AS1, AS0)，并将其广播到其邻居节点。同样的，AS3使用新路径(AS3, AS2, AS1, AS0)，也将其广播到邻居节点，这样在AS2和AS3之间产生了环路。



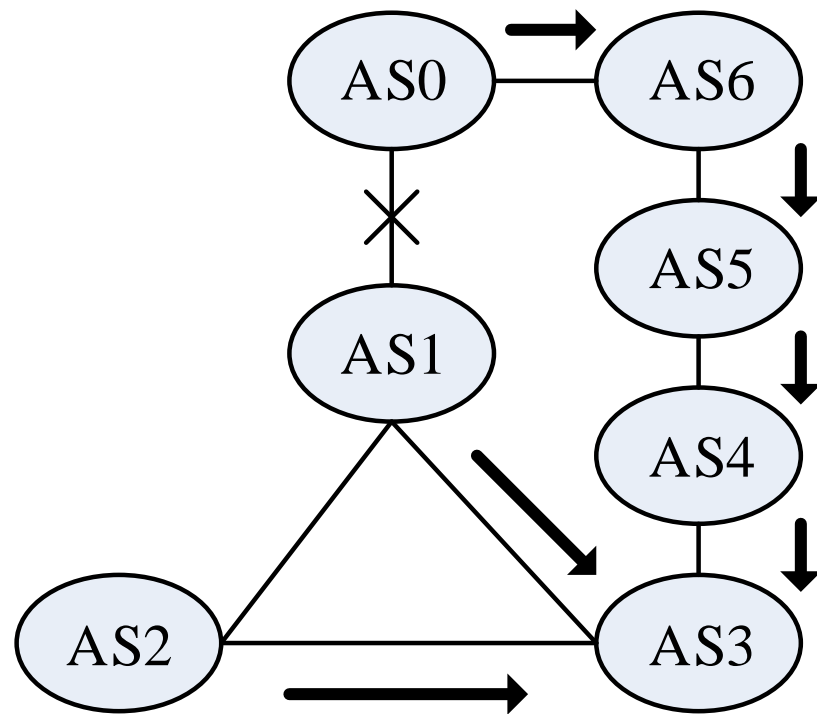
路由信息不一致举例

路由信息广播被物理硬件和路由机制延迟了，导致了路由信息的不一致：AS2不知道AS3的下一跳变成了AS2，而AS3不知道AS2的下一跳变成了AS3。



路由信息不一致举例

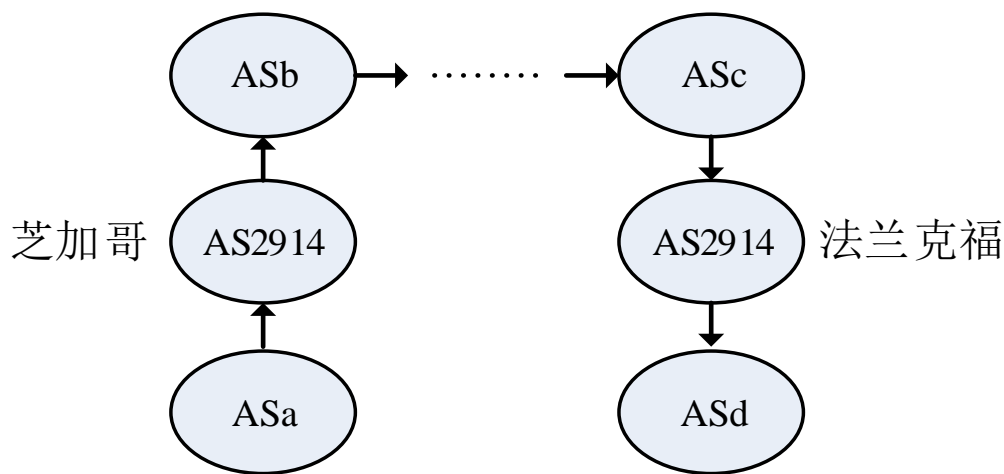
当AS3接收到AS2的新路径 (AS2, AS3, AS1, AS0) 时，它会立即丢弃这一路由信息，并将路径改为 (AS3, AS4, AS5, AS6, AS0)，从而解除了AS路径环路。IPv4中49.69%和IPv6中34.24%的AS路径环路可以归结为AS路由信息不一致。



一些跨国公司在全球各地设有交换点，但这些交换点的AS号是相同的。当不同国家之间的交换点相互通信时，可能会穿过一个或者多个AS，这样从BGP的角度看就出现了AS路径环路。

跨国公司举例

NTT通信公司在美国的多个城市以及德国的法兰克福和日本的东京都设有交换点，且这些交换点的AS号都是2914。如下图所示，当ASa的路由信息广播到ASd时，路径为（ASd, AS2914, ASc, ..., ASb, AS2914, ASa）。这样，从BGP的角度，就出现了一个AS路径环路。



网络管理员的一些无意或者有意的配置会引起AS路径环路。

2011年8月18日，华盛顿大学和佐治亚理工学院实施了一个重编路由实验，该实验使用AS47065。在这次实验中，实验人员为前缀184.164.255.0/24宣告了一个AS路径环路（AS47065, ASa, AS47065）以使得ASa不能接受这条路由，且相关的流量不再经过ASa。



1. 研究背景

2. 研究方法

3. 统计结果

4. 原因分析

5. 总结

- 统计了AS路径环路的分布。
 - 数量、比例
 - 持续时间分布
 - 前缀长度分布
- 分析了AS路径环路可能发生的原因。
 - 路由信息不一致
 - 跨国公司
 - 错误配置

Thank You !