翻墙路由器的原理与实现

开篇

GFW 具有重大的社会意义。无论是正面的社会意义，还是负面的意义。无论你是讨厌，还是憎恨。它都在那里。在可以预见的将来，墙还会继续存在。我们要学会如何与 其共存。我是一个死搞技术的，就是打算搞技术到死的那种人。当我读到“西厢计划”的博客上的这么一段话时，我被深深的触动了。不是为了什么政治目的，不是 为了什么远大理想，仅仅做为一个死搞技术的人显摆自己的价值，我也必须做些什么。博客上的原话是这么写的：

gfwrev.blogspot.com

作 为个搞技术的人，我们要干点疯狂的事。如果我们不动手，我们就要被比我们差的远的坏技术人员欺负。这太丢人了。眼前就是，GFW 这个东西，之前是我们不抱 团，让它猖狂了。现在咱们得凑一起，想出来一个办法让它郁闷一下，不能老被欺负吧。要不，等到未来，后代会嘲笑我们这些没用的家伙，就象我们说别人“你怎 么不反抗？”

我把翻墙看成一场我们与 GFW 之间的博弈，是一个不断对抗升级的动态过程。目前整体的博弈态势来讲是 GFW 占了绝对的上风。我们花费了大量的金钱（买 VPS 买 VPN），花费大量时间（学习各种翻墙技术），而 GFW 只需要简单发几个包，配几个路由规则就可以让你的心血都白费。

GFW 并不需要检查所有的上下行流量中是不是有不和谐的内容，很多时候只需要检查连接的前几个包就可以判断出是否要阻断这个连接。为了规避这种检查，我们就需要把所有的流量都通过第三方代理，还要忍受不稳定，速度慢等各种各样的问题。花费的是大量的研究的时间，切换线路的时间，找出是什么导致不能用的时间，当然还有服务器的租用费用和带宽费用。我的感觉是，这就像太极里的四两拨千斤。GFW 只需要付出很小的成本，就迫使了我们去付出很大的反封锁成本，而且这种成本好像是越来越高了。

这 场博弈的不公平之处在于，GFW 拥有国家的资源和专业的团队。而我们做为个体，愿意花费在翻墙上的时间与金钱是非常有限的。在竞争激烈的北上广深，每天辛 苦忙碌的白领们。翻墙无非是为了方便自己的工作而已。不可能在每天上下班从拥挤的地铁中挤出来之后再去花费已经少得可怜的业余时间去学习自己不是翻墙根本 不需要知道的名词到底是什么意思。于是乎，我们得过且过。不用 Google 也不会死，对不对。SSH 加浏览器设置，搞一搞也就差不多能用就行啦。但是得过 且过也越来越不

好过了。从最开始的 HTTP 代理，到后来的 SOCKS 代理，到最近的 OpenVPN，一个个阵亡。普通人可以使用的方式越来越少。博弈的天 平远远不是平衡的，而是一边倒。

GFW 用技术的手段达到了四两拨千斤的作用。难道技术上就没有办法用四两拨千斤的方法重新扭转这一边倒的局面吗？

办 法肯定是有的。我能想到的趋势是两个。第一个趋势是用更复杂的技术，但是提供更简单的使用方式。简单的 HTTP 代理，SOCKS 明文代理早已阵亡。接下来 的斗争需要更复杂的工具。无论是 ShadowSocks 还是 GoAgent 都在向这个方向发展。技术越复杂，意味着普通人要学习要配置的成本就越高。每个 人按照文档，在自己的 PC 上配置 ABC 的方式已经不能满足下一阶段的斗争需要了。我们需要提升手里的武器，站在一个更高的平台上。

传 统的配置方式的共同特点是终端配置。你需要在你的 PC 浏览器上，各种应用软件里，手机上，平板电脑上做各种各样的配置。这样的终端配置的方式在过去是很方 便的。别人提供一个代理，你在浏览器里一设置就好用了。但是在连 OpenVPN 都被封了的今天，这种终端配置的方式就大大限制了我们的选择。缺点是多方面 的：

1. 翻墙的方式受到终端支持的限制。特别是手机和平板电脑，不 ROOT 不越狱的话，选择就非常有限了。
2. 终端种类繁多，挂一漏万。提供翻墙的工具的人不可能有精力来测试支持所有种类的终端。
3. 如果家里有多个笔记本，还有手机等便携设备使用起来就很不方便。躺在床上要刷 Twitter 的时候，才发现手机的里的 OpenVPN 帐号已经被封了，新的那个只配置在了电脑里。
4. 最主流的终端是 Windows 的 PC 机。但是在 Windows 上控制底层网络的运作非常不方便。给翻墙工具的作者设置了一个更高的门槛。
5. 终端一般处于家庭路由器的后面。大多数直穿的穿墙方式都很难在这种网络环境下工作正常。

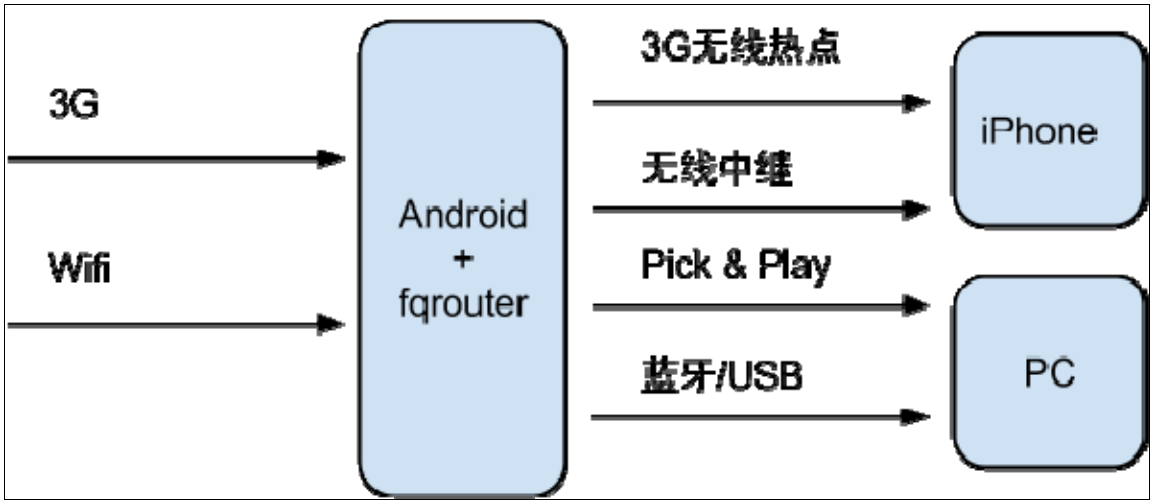
把翻墙工具做到路由器上就可以达到实现更复杂的翻墙技术，同时提供极其简单的使用体验。但是路由器的缺陷也是非常明显的。传统的路由器刷 OpenWRT 等可以定制的第三方系统有如下缺点：

1. 便携不方便，路由器大部分没有电池，也不方便放在包里

2. 相比在电脑上装一个软件试试好不好使，额外购买专门用来翻墙的路由器未免试用成本也太高了。如果没有人愿意尝试，更加不会有人来使用。
3. 路由器安装软件不方便。笔者花了大量时间研究 OpenWRT 的 USB 刷机方式。虽然技术上有所突破，但是仍然感觉不适合普通人操作。
4. 硬件受限。路由器的 CPU 都很慢。内存非常小。如果不是用 C 来编写应用，速度会非常慢。极大地抬高了开发成本。流行的翻墙工具 GoAgent 和 shadowsocks 的最初版本都是 Python 的。

有 没有既可以获得路由器的好处，又克服了其缺点的解决方案呢？答案是肯定的。手机做为路由器就可以。目前 fqrouter 已经推出了 Android 版本，把 手机变成了翻墙路由器。一方面，完成了平台的跃升，从终端翻墙变为了路由器翻墙。另外一方面，因为手机的便携，无需额外设备，安装软件简单，而且硬件强大 完胜了常规意义上的路由器。使用手机做为路由器之后：

1. 翻墙方式不再受到终端的限制。只要能接入路由器，就可以翻墙。
2. 提供翻墙工具的人不需要测试所有的终端是不是支持。
3. 多种终端可以同时共享一个路由器。无需重复配置。
4. 路由器基于的 Linux 操作系统给翻墙工具的作者提供了极大的便利，新的工具可以更容易地被实现出来。
5. 提供了一定的直穿的可能性。
6. iPhone, Windows Phone 等设备不需要越狱，也可以通过翻墙路由器享受到 shadowsocks 等更高级的翻墙工具。



运行在 Android 上的翻墙工具 fqrouter 已经在 Google Play 上架了：https://play.google.com/store/apps/details?id=fq.router2

这是趋势一，平台的提升。第二个趋势是去中心化。我相信未来的趋势肯定不是什么境外敌对势力出于不可告人的目的给我们提供翻墙方式。未来的趋势是各自为战的，公开贩卖的各种翻墙服务会被封杀殆尽。我们要确保的底线是，做为个人，在拥有一台国外服务器，然后有一定技术能力的情况下，能够稳定无忧的翻墙。

在我们能够保证独善其身的前提下，才有可能怎么去达则兼善天下。才有可能以各自为圆心，把服务以 P2P 的方式扩散给亲朋好友使用。即便是能够有这样的互助

网络建立起来，也肯定是一种去中心化的，开源的实现。只有遍地开花，才能避免被连根拔起。

前 面谈到路由器刷第三方固件对于个人来说不是理想的翻墙路由器的实现方式。但是固定部署的路由器却是理想的 P2P 节点。P2P 的一个简化版本是 APN，也就是把代理放在国内，然后 iPhone 等可以简单地使用 HTTP 未加密方式使用代理。这种部署方式就比较适合刷在固定部署的路由器上。个人可以在自己家里的 路由器上部署了代理，然后无论走到哪里都可以通过家里的路由器代理上网。使用路由器固定部署 P2P 节点的好处是 P2P 网络可以有更多的稳定接入点。这些刷了 OpenWRT 等第三方系统安装了 P2P 节点程序的路由器不会是普通人玩得转的。其意义更多是有技术实力的志愿者，提供自己的家庭路由器，以换得其他方面的方便。

实现一个 P2P 的网络的难点有三个：

1. 代理服务器的容量有限。传统的代理服务器是无法负载很多人同时用 1080P 看 youtube 的，因为带宽不够。不要说免费的 P2P 网络，就是很多付费的代理服务，也无法满足容量要求。
2. 中心服务器被封 IP。TOR 做为著名的 P2P 网络，其主要问题就是要接入其网络需要连接一个中心服务器。这些服务器的 IP 数量是有限的。GFW 会尽一切力量找到这些 IP，然后封 IP。
3. P2P 意味着索取与奉献。人人都想这索取，为什么会有人奉献？如果没有一个等价交换做为社区的基础，这个社区是无法长久的。

目前仍然没有理想的 P2P 翻墙方式出现。但是这是 fqrouter 的努力方向。

	中心化的翻墙方式，特别是商业贩卖的翻墙服务注定难逃被捕杀殆尽的命运。具有光明未来的翻墙方式必然是去中心化的，松散的，自组织的 P2P 的。

全面学习 GFW

GFW 会是一个长期的存在。要学会与之共存，必须先了解 GFW 是什么。做为局外人，学习 GFW 有六个角度。渐进的来看分别是：

首先我们学习到的是 WHAT 和 WHEN。比如说，你经常听到人的议论是“昨天”，“github”被封了。其中的昨天就是 WHEN，github 就是 WHAT。这是学习 GFW 的最天然，最朴素的角度。在这个方面做得非常极致的是一个叫做 greatfire的网站。这个网站长期监控成千上万个网站和关键词。通过长期监控，不但可以掌握 WHAT 被封锁了，还可以知道 WHEN 被封的，WHEN 被解封的。

接下来的角度是 WHO。比如说，“方校长”这个人名就经常和 GFW 同时出现。但是如果仅仅是掌握一个两个人名，然后像某位同志那样天天在 twitter 上骂一遍那样，除了把这个人名骂成名人之外，没有什么特别的积极意义。我更看好这篇文章“通过分析论文挖掘防火长城(GFW)的技术人员”的思路。

通过网络上的公开信息，掌握 GFW 的哪些方面与哪些人有关系，这些合作者之间又有什么联系。除了大家猜测的将来可以鞭尸之外，对现在也是有积极的意义的。比如关注这些人的研究动态和思想发展，可以猜测 GFW 的下一步发展方向。比如阅读过去发表的论文，可以了解 GFW 的技术演进历史，可以从历史中找到一些技术或者管理体制上的缺陷。

再 接下来就是 WHY 了。github 被封之后就常听人说，github 这样的技术网站你封它干啥？是什么原因促成了一个网站的被封与解封的？我们做为局外 人，真正的原因当然是无从得知的。但是我们可以猜测。基于猜测，可以把不同网站被封，与网络上的舆情时间做关联和分类。我们知道，方校长对于网路舆情监控 是有很深入研究的。有一篇 论文 （Whiskey, Weed, and Wukan on the World Wide Web: On Measuring Censors' Resources and Motivations）专门讨论监管者的动机的。观测触发被封的事件与实际被封之间的时间关系，也可以推测出一些有趣的现象。比如有人报告，OpenVPN 触发的封端口和封 IP 这样的事情一般都发生在中国的白天。也就是说，GFW 背后不光是机器，有一些组件是血肉构成的。

剩 下的两个角度就是对如何翻墙穿墙最有价值的两个角度了：HOW 和 WHERE。HOW 是非常好理解的，就是在服务器和客户端两边抓包，看看一个正常的网络通 信，GFW 做为中间人，分别给两端在什么时候发了什么包或者过滤掉了什么包。而这些 GFW 做的动作，无论是过滤还是发伪包又是如何干扰客户端与服务器之间 的正常通信的。WHERE 是在知道了 HOW 之后的进一步发展，不但要了解客户端与服务器这两端的情况，更要了解 GFW 是挂在两端中间的哪一级路由器上做干 扰的。在了解到 GFW 的关联路由器的 IP 的基础上，可以根据不同的干扰行为，不同的运营商归属做分组，进一步了解 GFW 的整体部署情况。

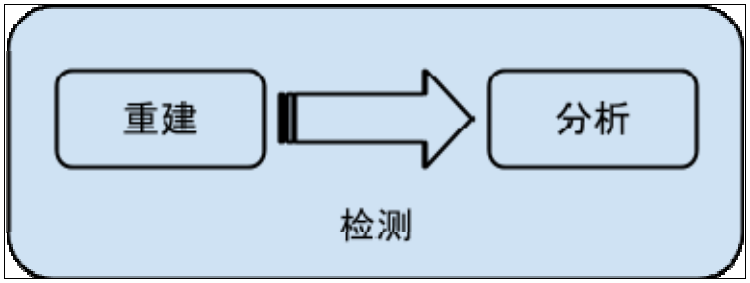
整体上来说，对 GFW 的研究都是从 WHAT 和 WHEN 开始，让偏人文的就去研究 WHO 和 WHY，像我们这样偏工程的就会去研究 HOW 和 WHERE。以上就是全面了解 GFW 的主体脉络。接下来，我们就要以 HOW 和 WHERE 这两个角度去看一看 GFW 的原理。

GFW 的原理

要 与 GFW 对抗不能仅仅停留在什么不能访问了，什么可以访问之类的表面现象上。知道 youtube 不能访问了，对于翻墙来说并无帮助。但是知道 GFW 是如何 让我们不能访问 youtube 的，则对下一步的翻墙方案的选择和实施具有重大意义。所以在讨论如何翻之前，先要深入原理了解 GFW 是如何封的。

总的来说，GFW 是一个分布式的入侵检测系统，并不是一个严格意义上的防火墙。不是说每个出入国境的 IP 包都需要先经过 GFW 的首可。做为一个入侵检测系统，GFW 把你每一次访问 facebook 都看做一次入侵，然后在检测到入侵之后采取应对措施，也就是常见的连接重置。整个过程一般话来说就是：

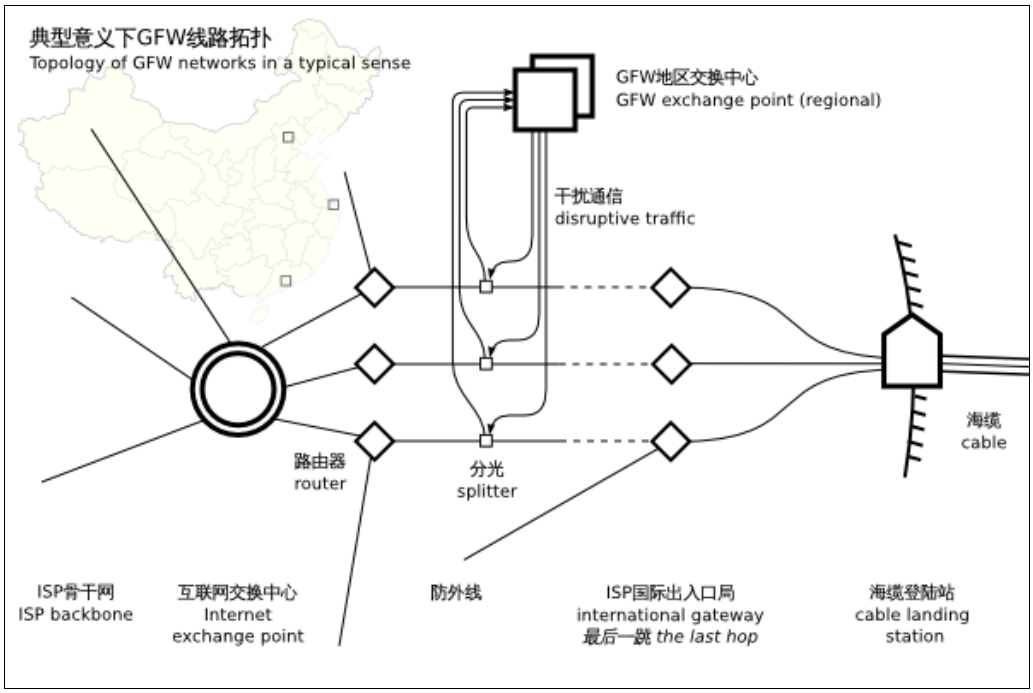
检 测有两种方式。一种是人工检测，一种是机器检测。你去国新办网站举报，就是参与了人工检测。在人工检测到不和谐的网站之后，就会采取一些应对方式来防止国 内的网民访问该网站。对于这类的封锁，规避检测就不是技术问题了，只能从 GFW 采取的应对方式上采取反制措施。另外一类检测是机器检测，其检测过程又可以 再进一步细分：



重建

重建是指 GFW 从网络上监听过往的 IP 包,然后分析其中的 TCP 协议，最后重建出一个完整的字节流。分析是在这个重建的字节流上分析具体的应用协议，比如 HTTP 协议。然后在应用协议中查找是不是有不和谐的内容，然后决定采用何种应对方式。

所 以，GFW 机器检测的第一步就是重建出一个字节流。那么 GFW 是如何拿到原始的 IP 包的呢？真正的 GFW 部署方式，外人根本无从得知。据猜测，GFW 是部 署在国家的出口路由器的旁路上，用“分光”的方式把 IP 包复制一份到另外一根光纤上，从而拿到所有进出国境的 IP 包。下图引在 gfwrev.blogspot.com：



但是 Google 在北京有自己的机房。所以聪明的网友就使用 Google 的北京机房提供的 GAE 服务，用 Goagent 软件达到高速翻墙的目的。但是有网友证实(https://twitter.com/chengr28/status/260970749190365184)，即便是北京的机房也会被骨干网丢包。事实上 Google 在北京的谷翔机房有一个独立的 AS（BGP 的概念）。这个 AS 与谷歌总部有一条 IPV6 的直连线 路，所以通过这个机房可以用 IPV6 不受墙的限制出去。但是这个 AS 无论是连接国内还是国外都是要经过 GFW 的。所以机房在北京也不能保证国内访问不被 墙。GFW 通过配置骨干网的 BGP 路由规则，是可以让国内的机房也经过它的。另外一个例子是当我们访问被封的网站触发连接重置的时候，往往收到两个 RST 包，但是 TTL 不同。还有一个例子是对于被封的 IP，访问的 IP 包还没有到达国际出口就已经被丢弃。所以 GFW 应该在其他地方也部署有设备，据推测是在省 级骨干路由的位置。

对于 GFW 到底在哪这个话题，最近又有国外友人表达了兴趣（https://github.com/mothran/mongol）。笔者在前人的基础上写了一个更完备的探测工具 https://github.com/fqrouter/qiang。其原理是基于一个 IP 协议的特性叫 TTL。TTL 是 Time to Live 的简写。IP 包在没经 过一次路由的时候，路由器都会把 IP 包的 TTL 减去 1。如果 TTL 到零了，路由器就不会再把 IP 包发给下一级路由。然后我们知道 GFW 会在监听到不和谐的 IP 包之后发回 RST 包来重置 TCP 连接。那么通过设置不同的 TTL 就可以知道从你的电脑，到 GFW 之间经过了几个路由器。比如说 TTL 设置成 9 不触发 RST，但是 10 就触发 RST，那么到 GFW 就是经过了 10 个路由器。另外一个 IP 协议的特性是当 TTL 耗尽的时候，路由器应该发回一个 TTL EXCEEDED 的 ICMP 包，并把自己的 IP 地址设置成 SRC（来源）。结合这两点，就可以探测出 IP 包是到了 IP 地址为什么的路由器之后才被 GFW 检 测到。有了 IP 地址之后，再结合 IP 地址地理位置的数据库就可以知道其地理位置。据说，得出的位置大概是这样的：

但 是这里检测出来的 IP 到底是 GFW 的还是骨干路由器的？更有可能的是骨干路由器的 IP。GFW 做为一个设备用“分光”的方式挂在主干路由器旁边做入侵检 测。无论如何，GFW 通过某种神奇的方式，可以拿到你和国外服务器之间来往的所有的 IP 包，这点是肯定的。更严谨的理论研究有：Internet Censorship in China: Where Does the Filtering Occur?

GFW 在拥有了这些 IP 包之后，要做一个艰难的决定，那就是到底要不要让你和服务器之间的通信继续下去。GFW 不能太过于激进，毕竟全国性的不能访问国外的网站 是违反 GFW 自身存在价值的。GFW 就需要在理解了 IP 包背后代表的含义之后，再来决定是不是可以安全的阻断你和国外服务器之间的连接。这种理解就要建立 了前面说的“重建”这一步的基础上。大概用图表达一下重建是在怎么一回事：

IP包3	IP包2	IP包1
包含的TCP包	包含的TCP包	包含的TCP包
包含的数据 TTP/1.1	包含的数据 x.html H	包含的数据 GET /inde

重建需要做的事情就是把 IP 包 1 中的 GET /inde 和 IP 包 2 中的 x.html H 和 IP 包 3 中的 TTP/1.1 拼到一起变成 GET /index.html HTTP/1.1。拼出来的数据可能是纯文本的，也可能是二进制加密的协议内容。具体是什么是你和服务器之间约定好的。GFW 做为窃听者需要猜测才知道你们俩之间的交谈内容。对于 HTTP 协议就非常容易猜测了，因为 HTTP 的协议是标准化的，而且是未加密的。所以 GFW 可以在重建之后很容易的知道，你使用了 HTTP 协议，访问的是什么网站。

重建这样的字节流有一个难点是如何处理巨大的流量？这个问题在这篇博客（http://gfwrev.blogspot.tw/2010/02/gfw.html）中已经讲得很明白了。其原理与网站的负载均衡器一样。对于给定的来源和目标，使用一个HASH 算法取得一个节点值，然后把所有符合这个来源和目标的流量都往这个节点发。所以在一个节点上就可以重建一个 TCP 会话的单向字节流。

最 后为了讨论完整，再提两点。虽然 GFW 的重建发生在旁路上是基于分光来实现的，但并不代表整个 GFW 的所有设备都在旁路。后面会提到有一些 GFW 应对形式 必须是把一些 GFW 的设备部署在了主干路由上，比如对 Google 的 HTTPS 的间歇性丢包，也就是 GFW 是要参与部分 IP 的 路由工作的。另外一点是，重建是单向的 TCP 流，也就是 GFW 根本不在乎双向的对话内容，它只根据监听到的一个方向的内容然后做判断。但是监听本身是双向 的，也就是无论是从国内发到国外，还是从国外发到国内，都会被重建然后加以分析。所以一个 TCP 连接对于 GFW 来说会被重建成两个字节流。具体的证据会在 后面谈如何直穿 GFW 中详细讲解。

分析

分析是 GFW 在重建出字节流之后要做的第二步。对于重建来说，GFW 主要处理 IP 协议，以及上一层的 TCP 和 UDP 协议就可以了。但是对于分析来说，GFW 就需要理解各种各样的应用层的稀奇古怪的协议了。甚至，我们也可以自己发明新的协议。

总的来说，GFW 做协议分析有两个相似，但是不同的目的。第一个目的是防止不和谐内容的传播，比如说使用 Google 搜索了“不该”搜索的关键字。第二个目的是防止使用翻墙工具绕过 GFW 的审查。下面列举一些已知的 GFW 能够处理的协议。

对于 GFW 具体是怎么达到目的一，也就是防止不和谐内容传播的就牵涉到对 HTTP 协议和 DNS 协议等几个协议的明文审查。大体的做法是这样的。

像 HTTP 这样的协议会有非常明显的特征供检测，所以第一步就没什么好说的了。当 GFW 发现了包是 HTTP 的包之后就会按照 HTTP 的协议规则拆包。这个拆 包过程是 GFW 按照它对于协议的理解来做的。比如说，从 HTTP 的 GET 请求中取得请求的 URL。然后 GFW 拿到这个请求的 URL 去与关键字做匹配，比如 查找 Twitter 是否在请求的 URL 中。为什么有拆包这个过程？首先，拆包之后可以更精确的打击，防止误杀。另外可能预先做拆包，比全文匹配更节省资 源。其次，xiaoxia 和 liruqi 同学的 jjproxy的 核心就是基于 GFW 的一个 HTTP 拆包的漏洞，当然这个 bug 已经被修复了。其原理就是 GFW 在拆解 HTTP 包的时候没有处理有多出来的\r\n 这样的情 况，但是你访问的 google.com 却可以正确处理额外的\r\n 的情况。从这个例子中可以证明，GFW 还是先去理解协议，然后才做关键字匹配的。关键 字匹配应该就是使用了一些高效的正则表达式算法，没有什么可以讨论的。

HTTP 代理和 SOCKS 代理，这两种明文的代理都可以被 GFW 识别。之前笔者认为 GFW 可以在识别到 HTTP 代理和 SOCKS 代理之后，再拆解其内部的 HTTP 协

议的正文。也就是做两次拆包。但是分析发现，HTTP 代理的关键字列表和 HTTP 的关键字列表是不一样的，所以笔者现在认为 HTTP 代理协议和 SOCKS 代理协议是当作单独的协议来处理的，并不是拆出载荷的 HTTP 请求再进行分析的。

目前已知的 GFW 会做的协议分析如下：

DNS 查询

GFW 可以分析 53 端口的 UDP 协议的 DNS 查询。如果查询的域名匹配关键字则会被 DNS 劫持。可以肯定的是，这个匹配过程使用的是类似正则的机制，而不仅仅是一个黑名单，因为子域名实在太多了。证据是：2012 年 11 月 9 日下午 3 点半开始，防火长城对 Google 的泛域名 .google.com 进行了大面积的污染，所有以 .google.com 结尾的域名均遭到污染而解析错误不能正常访问，其中甚至包括不存在的域名（来源 http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%9F%9F%E5%90%8D%E5%8A%AB%E6%8C%81）

目前为止 53 端口之外的查询也没有被劫持。但是 TCP 的 DNS 查询已经可以被 TCP RST 切断了，表明了 GFW 具有这样的能力，只是不屑于大规模部署。而且 TCP 查询的关键字比 UDP 劫持的域名要少的多。目前只有 dl.dropbox.com 会触发 TCP RST。相关的研究论文有：

- Hold-On: Protecting Against On-Path DNS Poisoning
- The Great DNS Wall of China

HTTP 请求

GFW 可以识别出 HTTP 协议，并且检查 GET 的 URL 与 HOST。如果匹配了关键字则会触发 TCP RST 阻断。前面提到了 jjproxy 使用的构造特殊的 HTTP GET 请求欺骗 GFW 的做法已经失效，现在 GFW 只要看到\r\n 就直接 TCP RST 阻断了（来源 https://plus.google.com/u/0/108661470402896863593/posts/6U6Q492M3yY）。相关的研究论文有：

- The Great Firewall Revealed
- Ignoring the Great Firewall of China
- HTTP URL/深度关键字检测
- ConceptDoppler: A Weather Tracker for Internet Censorship

HTTP 响应

GFW 除了会分析上行的 HTTP GET 请求，对于 HTTP 返回的内容也会做全文关键字检查。这种检查与对请求的关键字检查不是由同一设备完成的，而且对 GFW 的资源消耗也更大。相关的研究论文有：

- Empirical Study of a National-Scale Distributed Intrusion Detection System: Backbone-Level Filtering of HTML Responses in China

HTTP 代理协议

TODO

SOCKS4/5 代理协议

TODO

SMTP 协议

因为有很多翻墙软件都是以邮件索取下载地址的方式发布的，所以 GFW 有针对性的封锁了 SMTP 协议，阻止这样的邮件往来。

封锁有三种表现方式（http://fqrouter.tumblr.com/post/43400982633/gfw-smtp），简单概要的说就是看邮件是不是发往上了黑名单的邮件地址的（比如 xiazai@upup.info 就是一个上了黑名单的邮件地址），如果发现了就立马用 TCP RST 包切断连接。

电驴(ed2k)协议

GFW 还会过滤电驴（ed2k）协议中的查询内容。因为 ed2k 还有一个混淆模式，会加密往来的数据包，GFW 会切断所有使用混淆模式的 ed2k 连接，迫使客户端使用明文与服务器通讯（http://fqrouter.tumblr.com/post/43490772120/gfw-ed2k）。然后如果客户端发起了搜索请求，查找的关键字中包含敏感词的话就会被用 TCP RST 包切断连接。

对翻墙流量的分析识别

GFW 的第二个目的是封杀翻墙软件。为了达到这个目的 GFW 采取的手段更加暴力。原因简单，对于 HTTP 协议的封杀如果做不好会影响互联网的正常运作，GFW 与 互联网是共生的关系，它不会做威胁自己存在的事情。但是对于 TOR 这样的几乎纯粹是为翻墙而存在的协议，只要检测出来就是格杀勿论的了。GFW 具体是如何 封杀各种翻墙协议的，我也不是很清楚，事态仍然在不断更新中。但是举两个例子来证明 GFW 的高超技术。

第一个例子是 GFW 对 TOR 的自动封杀，体现了 GFW 尽最大努力去理解协议本身。根据这篇博客

（https://blog.torproject.org/blog/knock-knock-knockin-bridges-doors）。使用中国的 IP 去连接一个美国的 TOR 网桥，会被 GFW 发现。然后 GFW 回头（15 分钟之后）会亲自假装成客户端，用 TOR 的协议去连接那个网桥。如果确认是 TOR 的网桥，则会封当时的那个端口。换了端口之后，可以用一段时间，然后又会 被封。这表现出了 GFW 对于协议的高超检测能力，可以从国际出口的流量中敏锐地发现你连接的 TOR 网桥。据 TOR 的同志说是因为 TOR 协议中的握手过程具 有太明显的特征了。另外一点就表现了 GFW 的不辞辛劳，居然会自己伪装成客户端过去连连看。

第二个例子表现了 GFW 根本不在乎加密的流量中的具体内容是不是有敏感词。只要疑似翻墙，特别是提供商业服务给多个翻墙，就会被封杀。根据这个帖子（http://www.v2ex.com/t/55531），使用的 ShadowSocks 协议。预先部署密钥，没有明显的握手过程仍然被封。据说是 GFW 已经升级为能够机器识别出哪些加密的流量是疑似翻墙服务的。

关于 GFW 是如何识别与封锁翻墙服务器的，最近写了一篇文章提出我的猜想，大家可以去看看：http://fqrouter.tumblr.com/post/45969604783/gfw。

最 近发现 GFW 对 OpenVPN 和 SSL 证书已经可以做到准实时的封 IP（端口）。原理应该是离线做的深包分析，然后提取出可疑的 IP 列表，经过人工确认之 后封 IP。因为 OpenVPN 有显著的协议的特征，而且基本不用于商业场景所以很容易确认是翻墙服务。但是 SSL 也就是 HTTPS 用的加密协议也能基于 “证书”做过滤不得不令人感到敬畏了。Shadowsocks 的作者 Clowwindy 为此专门撰文“为什么不应该用 SSL 翻墙“：https://gist.github.com/clowwindy/5947691。

总 结起来就是，GFW 已经基本上完成了目的一的所有工作。明文的协议从 HTTP 到 SMTP 都可以分析然后关键字检测，甚至电驴这样不是那么大众的协议 GFW 都去搞了。从原理上来说也没有什么好研究的，就是明文，拆包，关键字。GFW 显然近期的工作重心在分析网络流量上，从中识别出哪些是翻墙的流量。这方面的 研究还比较少，而且一个显著的特征是自己用没关系，大规模部署就容易出问题。我目前没有在 GFW 是如何封翻墙工具上有太多研究，只能是道听途说了。

应对

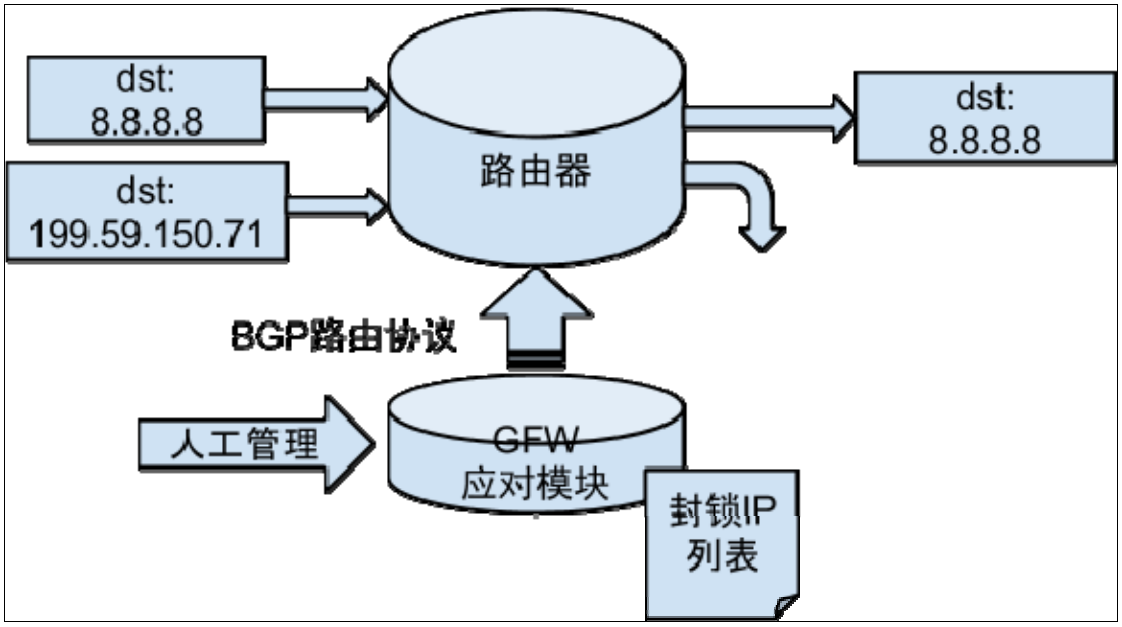
GFW 的应对措施是三步中最明显的，因为它最直接。GFW 的重建过程和协议分析的过程需要耐心的试探才能大概推测出 GFW 是怎么实现的。但是 GFW 的应对手段我 们每天都可以见到，比如连接重置。GFW 的应对目前可以感受到的只有一个目的就是阻断。但是从广义上来说，应对方式应该不限于阻断。比如说记录下日志，然 后做统计分析，秋后算账什么的也可以算是一种应对。就阻断方式而言，其实并不多，那么我们一个个来列举吧。

封 IP

一般常见于人工检测之后的应对。还没有听说有什么方式 可以直接使得 GFW 的机器检测直接封 IP。一般常见的现象是 GFW 机器检测，然后用 TCP RST 重置来应对。过了一段时间才会被封 IP，而且没有明显的时间规律。所以我的推测是，全局性的封 IP 应该是一种需要人工介入的。注意我强调了全局性的 封 IP，与之相对的是部分封 IP，比如只对你访问那个 IP 封个 3 分钟，

但是别人还是可以访问这样的。这是一种完全不同的封锁方式，虽然现象差不多，都是 ping 也 ping 不通。要观摩的话 ping twitter.com 就可以了，都封了好久了。

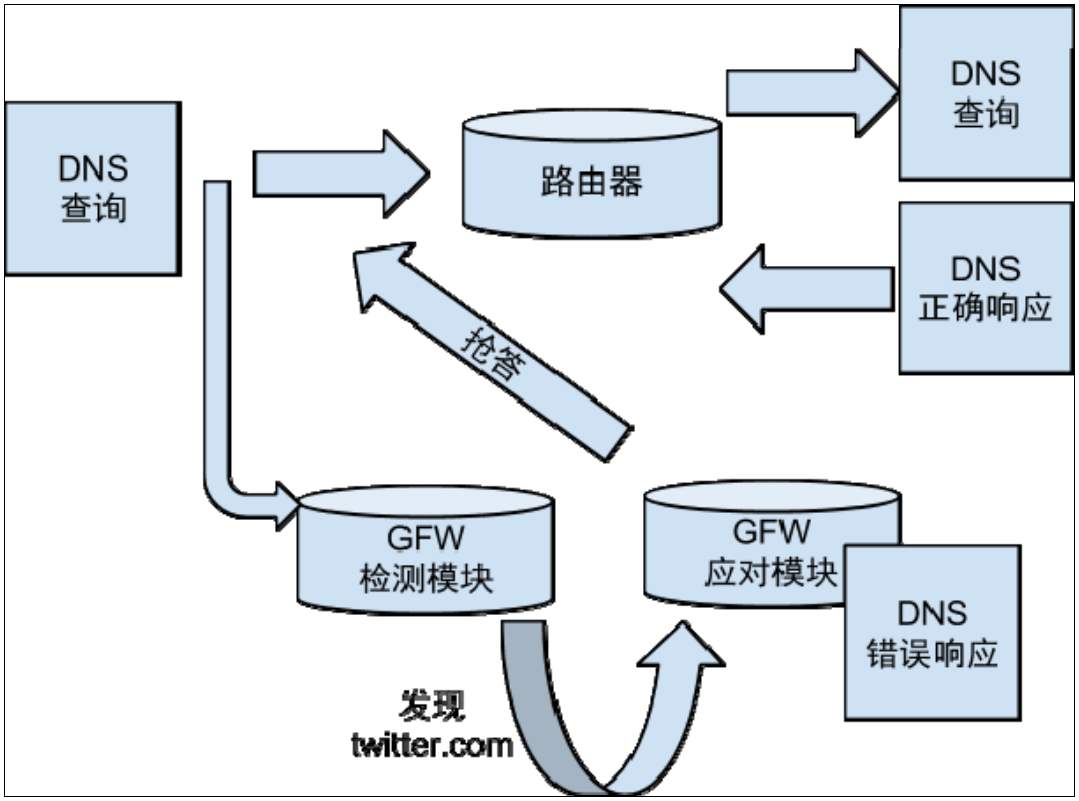
其 实现方式是把无效的路由黑洞加入到主干路由器的路由表中，然后让这些主干网上的路由器去帮 GFW 把到指定 IP 的包给丢弃掉。路由器的路由表是动态更新的， 使用的协议是 BGP 协议。GFW 只需要维护一个被封的 IP 列表，然后用 BGP 协议广播出去就好了。然后国内主干网上的路由器都好像变成了 GFW 的一份子那 样，成为了帮凶。



如果我们使用 traceroute 去检查这种被全局封锁的 IP 就可以发现，IP 包还没有到 GFW 所在的国际出口就已经被电信或者联通的路由器给丢弃了。这就是 BGP 广播的作用了。

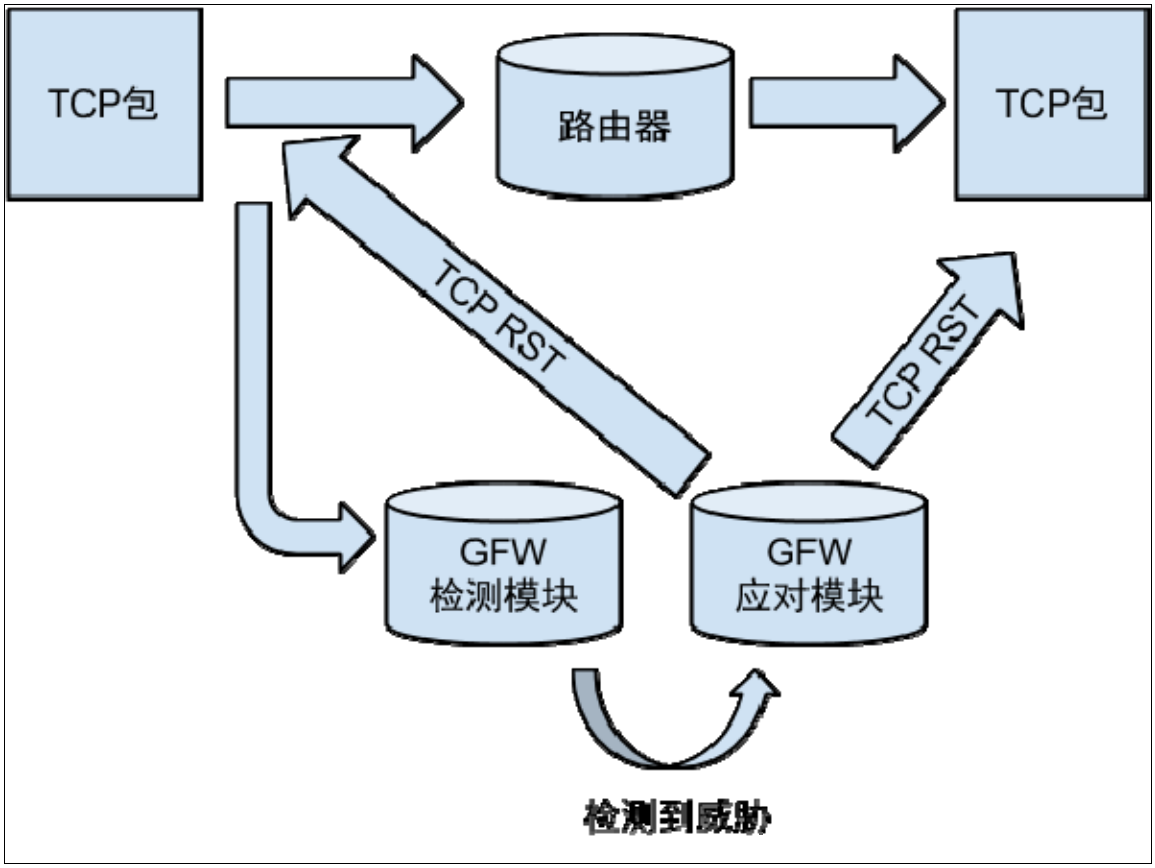
DNS 劫持

这 也是一种常见的人工检测之后的应对。人工发现一个不和谐网站，然后就把这个网站的域名给加到劫持列表中。其原理是基于 DNS 与 IP 协议的弱点，DNS 与 IP 这两个协议都不验证服务器的权威性，而且 DNS 客户端会盲目地相信第一个收到的答案。所以你去查询 facebook.com 的话，GFW 只要在正确的 答案被返回之前抢答了，然后伪装成你查询的 DNS 服务器向你发错误的答案就可以了。



TCP RST 阻断

TCP 协议规定，只要看到 RST 包，连接立马被中断。从浏览器里来看就是连接已经被重置。我想对于这个错误大家都不陌生。据我个人观感，这种封锁方式是 GFW 目 前的主要应对手段。大部分的 RST 是条件触发的，比如 URL 中包含某些关键字。目前享受这种待遇的网站就多得去了，著名的有 facebook。还有一些网 站，会被无条件 RST。也就是针对特定的 IP 和端口，无论包的内容就会触发 RST。比较著名的例子是 https 的 wikipedia。GFW 在 TCP 层的 应对是利用了 IPv4 协议的弱点，也就是只要你在网络上，就假装成任何人发包。所以 GFW 可以很轻易地让你相信 RST 确实是 Google 发的，而让 Google 相信 RST 是你发的。



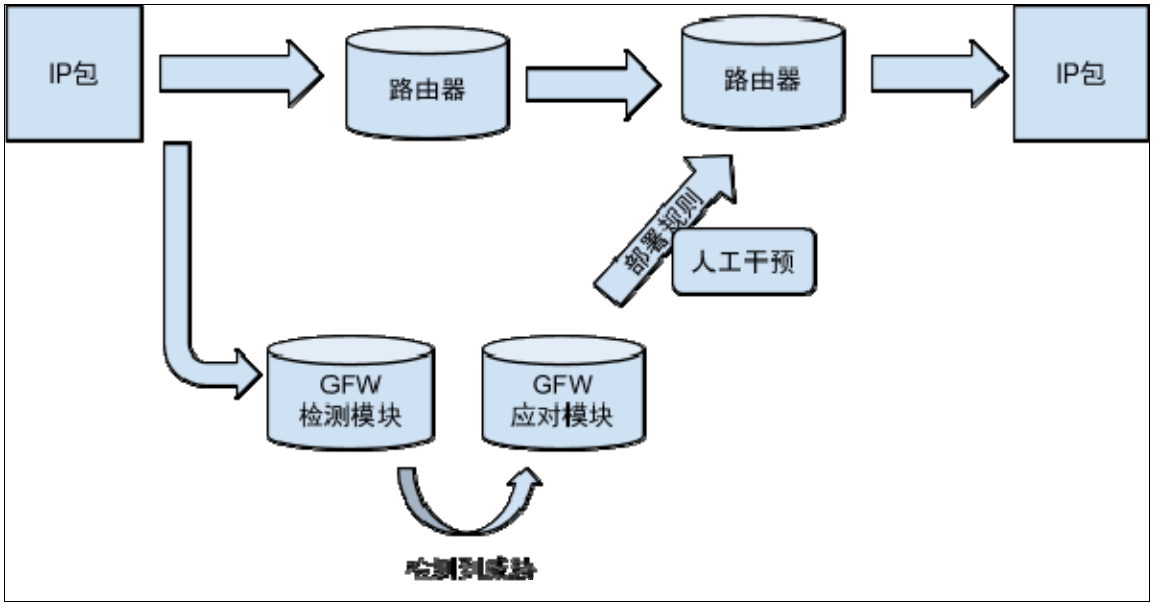
封端口

GFW 除了自身主体是挂在骨干路由器旁路上的入侵检测设备，利用分光技术从这个骨干路由器抓包下来做入侵检测 (所谓 IDS)，除此之外这个路由器还会被用来封端口 (所谓 IPS)。GFW 在检测到入侵之后可以不仅仅可以用 TCP RST 阻断当前这个连接，而且利用骨干路由器还可以对指定的 IP 或者端口进行从封端口到封 IP，设置选择性丢包的各种封禁措施。可以理解为骨干路由器上具 有了类似“iptables”的能力（网络层和传输层的实时拆包，匹配规则的能力）。这个 iptables 的能力在 CISCO 路由器上叫做 ACL Based Forwarding (ABF)。而且规则的部署是全国同步的，一台路由器封了你的端口，全国的挂了 GFW 的骨干路由器都会封。一般这种封端口都是针对翻墙服务器的，如果检测 到服务器是用 SSH 或者 VPN 等方式提供翻墙服务。GFW 会在全国的出口骨干路由上部署这样的一条 ACL 规则，来封你这个服务器+端口的下行数据包。也就 是如果包是从国外发向国内的，而且 src（源 ip）是被封的服务器 ip，sport（源端口）是被封的端口，那么这个包就会被过滤掉。这样部署的规则的特 点是，上行的数据包是可以被服务器收到的，而下行的数据包会被过滤掉。

如果被封端口之后服务器采取更换端口的应对措施，很快会再次被封。而且多次尝试之后会被封 IP。初步推断是，封端口不是 GFW 的自动应对行为，而是采取黑名单加人工过滤地方式实现的。一个推断的理由就是网友报道，封端口都是发生在白天工作时间。

在进 入了封端口阶段之后，还会有继发性的临时性封其他端口的现象，但是这些继发性的封锁具有明显的超时时间，触发了之后（触发条件不是非常明确）会立即被

封 锁，然后过了一段时间就自动解封。目前对于这一波封 SSH/OPENVPN 采用的以封端口为明显特征的封锁方式研究尚不深入。可以参考我最近写的一篇文 章：
http://fqrouter.tumblr.com/post/45969604783/gfw



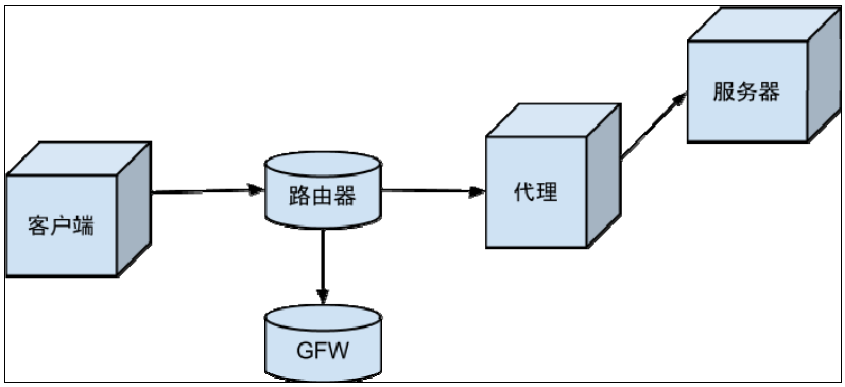
HTTPS 间歇性丢包

对 于 Google 的 HTTPS 服务，GFW 不愿意让其完全不能访问。所以采取的办法是对于 Google 的某些 IP 的 443 端口采取间歇性丢包的措施。最明显 的 ip 段是国内解析 google 域名常见的 74.125.128.*。其原理应该类似于封端口，是在骨干路由器上做的丢包动作。但是触发条件并不只是看 IP 和端口，加上了时间间隔这样一个条件。

翻墙原理

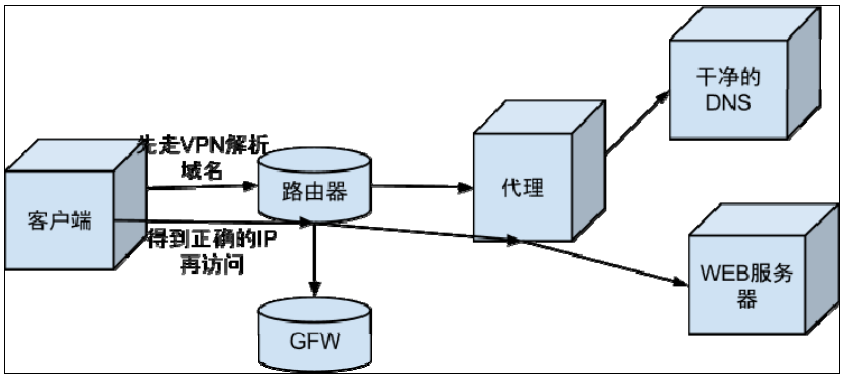
前 面从原理上讲解了 GFW 的运作原理。翻墙的原理与之相对应，分为两大类。第一类是大家普遍的使用的绕道的方式。IP 包经由第三方中转已加密的形式通过 GFW 的检查。这样的一种做法更像“翻”墙，是从墙外绕过去的。第二类是找出 GFW 检测过程的中一些 BUG，利用这些 BUG 让 GFW 无法知道准确的会话内 容从而放行。这种做法更像“穿”墙。曾经引起一时轰动的西厢计划第一季就是基于这种方式的实现。

基于绕道法的翻墙方式无论是 VPN 还是 SOCKS 代理，原理都是类似的。都是以国外有一个代理服务器为前提，然后你与代理服务器通信，代理服务器再与目标服务器通信。

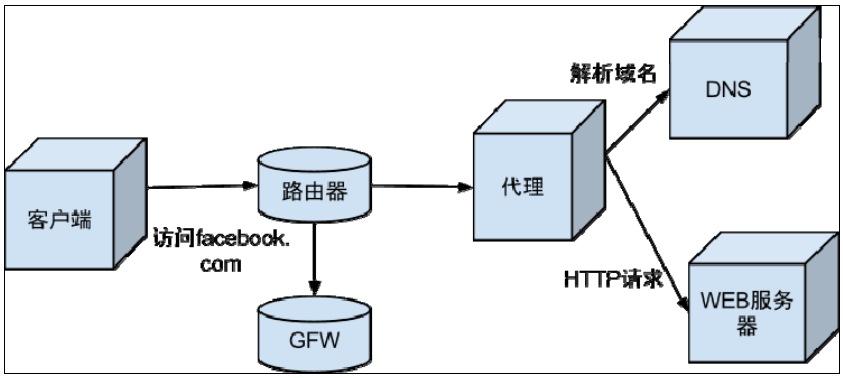


绕道法对于 IP 封锁来说，因为最终的 IP 包是由代理服务器在墙外发出的，所以国内骨干路由封 IP 并不会产生影响。对于 TCP 重置来说，因为 TCP 重置是以入侵检测为前提的，客户端与代理之间的加密通信规避了入侵检测，使得 TCP 重置不会被触发。

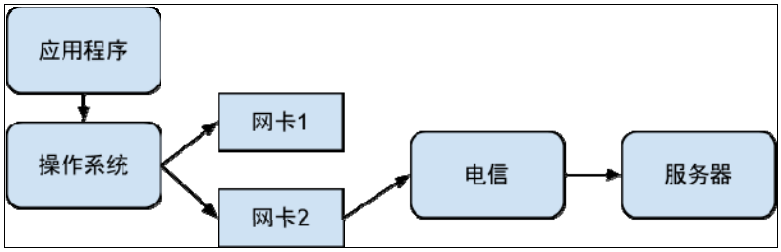
但是对于反 DNS 污染来说，VPN 和 SOCKS 代理却有不同。基于 VPN 的翻墙方法，得到正确的 DNS 解析的结果需要设置一个国外的没有被污染的 DNS 服务器。然后发 UDP 请求去解析域名的时候，VPN 会用绕道的方式让 UDP 请求不被劫持地通过 GFW。



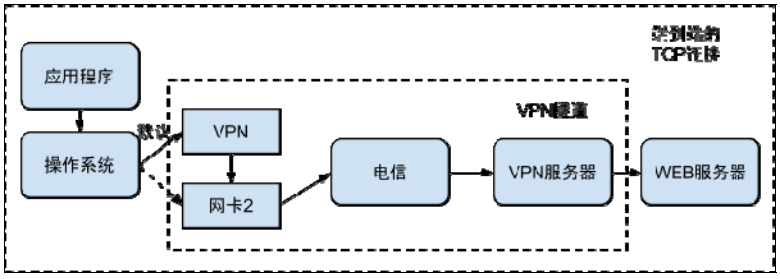
但 是 SOCKS 代理和 HTTP 代理这些更上层的代理协议则可以选择不同的方式。因为代理与应用之间有更紧密的关系，应用程序比如浏览器可以把要访问的服务器 的域名直接告诉本地的代理。然后 SOCKS 代理可以选择不在本地做解析，直接把请求发给墙外的代理服务器。在代理服务器去与目标服务器做连接的时候再在代 理服务器上做 DNS 解析，从而避开了 GFW 的 DNS 劫持。



VPN 与 SOCKS 代理的另外一个主要区别是应用程序是如何使用上代理去访问国外的服务器的。先来看不加代理的时候，应用程序是如何访问网络的。

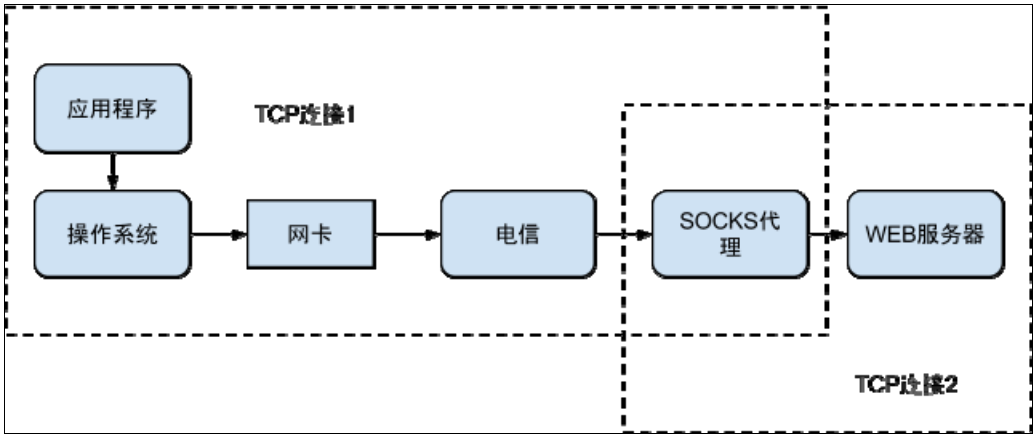


应用程序把 IP 包交给操作系统，操作系统会去决定把包用机器上的哪块网卡发出去。VPN 的客户端对于操作系统来说就是一个虚拟出来的网卡。应用程序完全不用知道 VPN 客户端的存在，操作系统甚至也不需要区分 VPN 客户端与普通网卡的区别。



VPN 客户端在启动之后会把操作系统的缺省路由改成自己。这样所有的 IP 包都会经由这块虚拟的网卡发出去。这样 VPN 就能够再打包成加密的流量发出去（当然线路还是之前的电信线路），发回去的加密流量再解密拆包交还给操作系统。

SOCKS 代理等应用层的代理则不同。其流量走不走代理的线路并不是由操作系统使用路由表选择网卡来决定的，而是在应用程序里自己做的。也就是说，对于操作系统来 说，使用 SOCKS 代理的 TCP 连接和不使用 SOCKS 代理的 TCP 连接并没有任何的不同。应用程序自己去选择是直接与目标服务器建立连接，还是与 SOCKS 代理服务器建立 TCP 连接，然后由 SOCKS 代理服务器去建立第二个 TCP 连接，两个 TCP 连接的数据由代理服务器中转。



关于 VPN/SOCKS 代理，可以参见我博客上的文章：http://fqrouter.tumblr.com/post/51474945203/socks-vpn

绕 道法的翻墙原理就是这些了，相对来说非常简单。其针对的都是 GFW 的分析那一步，通过加密使得 GFW 无法分析出流量的原文从而让 GFW 放行。但是 GFW 最 近的升级表明，GFW 虽然无法解密这些加密的流量，但是 GFW 可以结合流量与其他协议特征探测出这些流量是不是“翻墙”的，然后就直接暴力的切断。绕道法 的下一步发展就是要从原理弄明白，GFW 是如何分析出翻墙流量的，从而要么降低自身的流量特征避免上短名单被协议分析，或者通过混淆协议把自己伪装成其他 的无害流量。

穿墙原理

实验环境准备

穿墙比翻墙要复杂得多，但也有意思得多。本章节以实验为主。实验的设备是家庭用的路由器，我用的是水星 4530R。需要有公网 IP。刷的操作系统是 OpenWRT Attitude Adjustment 12.09 rc-1 版本。使用的包有：

- NetfilterQueue（https://github.com/fqrouter/fqrouter 中有）
- bind-dig
- shadow
- dpkt （不是 OpenWRT 的包，是 python 的 http://dpkt.googlecode.com/files/dpkt-1.7.tar.gz ）

本文并不打算详细讲解实验环境的设置。对于有 OpenWRT 编译和刷机经验的朋友可能可以按照我的叙述重建出实验环境来。整个实验的关键在于

- 公网上的 ip 地址
- Linux

- python
- python 访问 netfilter queue 的库

如果你有一台公网上的 Linux 机器，安装了 Python 和 Python 的 NetfilterQueue，也可以进行同样的实验。

如果你使用的是路由器，需要验证你有公网 ip。这个可以访问 ifconfig.me 来证实。其次要保证路由器是 OpenWRT 的并且有足够的空间安装 python-mini。到这里基本上都和普通的 OpenWRT 刷机没有什么两样。重点在于：

安装 Python 的 NetfilterQueue

OpenWRT 提供了 NetfilterQueue 的 C 的库。但是使用 C 来做实验太笨重了。所以我选择了 Python。但是 Python 的 NetfilterQueue 的库没有在 OpenWRT 中。下载 https://github.com/fqrouter/fqrouter 解压后可以得到一个名字叫 fqrouter 的目录。然后给 feeds.conf 添加一行 src-link fqrouter /opt/fqrouter/package。把/opt/fqrouter 替换为你解压的目录。然后 scripts/feeds update -a，再执行 scripts/feeds install python-netfilterqueue 就添加好了。然后在 make menuconfig 中选择 Languages=>Python=>python-netfilterqueue。

有了这个库就赋予了我们使用 Python 任意抓包，修改包和发包的能力。在 OpenWRT 上，除了 python 没有第二种脚本语言可以如此简单地获得这些能力。

安装 Python 的 dpkt

能够抓取和发送 IP 包之后，第二个头疼的问题是如何解析和构造任意的 IP 包。Python 有一个库叫 dpkt 可以帮我们很好地完成这项任务。这是我们选择 Python 做实验的第二个重要理由。

在路由器上直接下载 http://dpkt.googlecode.com/files/dpkt-1.7.tar.gz，然后解压缩，拷贝其中的 dpkt 目录到/usr/lib/python2.7/site-packages 下。

DNS 劫持观测

我们要做的第一个实验是用 python 代码观测到 DNS 劫持的全过程。

应用层观测

dig 是 DNS 的客户端，可以很方便地构造出我们想要的 DNS 请求。dig @8.8.8.8 twitter.com。可以得到相应如下

```
; (1 server found)
;; global options: +cmd
;; Got answer:
;; ->>HEADER<<- opcode: QUERY, status: NOERROR, id: 5494
;; flags: qr rd ra; QUERY: 1, ANSWER: 1, AUTHORITY: 0, ADDITIONAL: 0
;; QUESTION SECTION:
;twitter.com.                   IN      A
;; ANSWER SECTION:
twitter.com.            4666    IN      A       59.24.3.173
;; Query time: 110 msec
;; SERVER: 8.8.8.8#53(8.8.8.8)
;; WHEN: Sun Jan 13 13:22:10 2013
;; MSG SIZE  rcvd: 45
```

可以很清楚地看到我们得到的错误答案 59.24.3.173。

抓包观测

使用 iptables 我们可以让特定的 IP 包经过应用层的代码，从而使得我们用 python 观测 DNS 查询过程提供了可能。代码如下，保存文件名 dns_hijacking_obversation.py（https://gist.github.com/4524294）：

```
from netfilterqueue import NetfilterQueue
import subprocess
import signal
def observe_dns_hijacking(nfqueue_element):
   print('packet past through me')
```

```
    nfqueue_element.accept()

nfqueue = NetfilterQueue()

nfqueue.bind(0, observe_dns_hijacking)

def clean_up(*args):

    subprocess.call('iptables -D OUTPUT -p udp --dst 8.8.8.8 -j QUEUE', shell=True)

    subprocess.call('iptables -D INPUT -p udp --src 8.8.8.8 -j QUEUE', shell=True)

signal.signal(signal.SIGINT, clean_up)

try:

    subprocess.call('iptables -I INPUT -p udp --src 8.8.8.8 -j QUEUE', shell=True)

    subprocess.call('iptables -I OUTPUT -p udp --dst 8.8.8.8 -j QUEUE', shell=True)

    print('running..')

    nfqueue.run()

except KeyboardInterrupt:

    print('bye')
```

执行 python dns_hijacking_observation.py，再使用 dig @8.8.8.8 twitter.com 应该可以看到 package past through me。这就说明 DNS 的请求和答案都经过了 python 代码了。

上一步主要是验证 NetfilterQueue 是不是工作正常。这一步则要靠 dpkt 的了。代码如下，文件名相同(https://gist.github.com/4524299)：

```
from netfilterqueue import NetfilterQueue

import subprocess

import signal

import dpkt

import traceback

import socket
```

```
def observe_dns_hijacking(nfqueue_element):
    try:
        ip_packet = dpkt.ip.IP(nfqueue_element.get_payload())
        dns_packet = dpkt.dns.DNS(ip_packet.udp.data)
        print(repr(dns_packet))
        for answer in dns_packet.an:
            print(socket.inet_ntoa(answer['rdata']))
        nfqueue_element.accept()
    except:
        traceback.print_exc()
        nfqueue_element.accept()

nfqueue = NetfilterQueue()
nfqueue.bind(0, observe_dns_hijacking)

def clean_up(*args):
    subprocess.call('iptables -D OUTPUT -p udp --dst 8.8.8.8 -j QUEUE', shell=True)
    subprocess.call('iptables -D INPUT -p udp --src 8.8.8.8 -j QUEUE', shell=True)

signal.signal(signal.SIGINT, clean_up)

try:
    subprocess.call('iptables -I INPUT -p udp --src 8.8.8.8 -j QUEUE', shell=True)
```

```
    subprocess.call('iptables -I OUTPUT -p udp --dst 8.8.8.8 -j QUEUE', shell=True)

    print('running..')

    nfqueue.run()

except KeyboardInterrupt:

    print('bye')
```

执行 python dns_hijacking_observation.py，再使用 dig @8.8.8.8 twitter.com 应该可以看到类似如下的输出：

DNS(ar=[RR(type=41, cls=4096)], qd=[Q(name='twitter.com')], id=8613, op=288)

DNS(an=[RR(name='twitter.com', rdata=';\x18\x03\xad', ttl=19150)], qd=[Q(name='twitter.com')], id=8613, op=33152)

59.24.3.173

DNS(an=[RR(name='twitter.com', rdata='\xc7;\x95\xe6', ttl=27), RR(name='twitter.com', rdata='\xc7;\x96\x07', ttl=27), RR(name='twitter.com', rdata="\xc7;\x96'", ttl=27)], ar=[RR(type=41, cls=512)], qd=[Q(name='twitter.com')], id=8613, op=33152)

199.59.149.230

199.59.150.7

199.59.150.39

可以看到我们发出去了一个包，收到了两个包。其中第一个收到的包是 GFW 发回来的错误答案，第二个包才是正确的答案。但是由于 dig 只取第一个返回的答案，所以我们实际看到的解析结果是错误的。

观测劫持发生的位置

利用 IP 包的 TTL 特性，我们可以把 TTL 值从 1 开始递增，直到我们收到错误的应答为止。结合 TTL EXECEEDED ICMP 返回的 IP 地址，就可以知道 DNS 请求是在第几跳的路由器分光给 GFW 的。代码如下（https://gist.github.com/4524927）：

```
from netfilterqueue import NetfilterQueue

import subprocess
```

```
import signal

import dpkt

import traceback

import socket

import sys



DNS_IP = '8.8.8.8'



# source
http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%9F%9F%E5%90%8D%E6%9C%8D%E5%8A%A1%E5%99%A8%E7%BC%93
%E5%AD%98%E6%B1%A1%E6%9F%93

WRONG_ANSWERS = {

    '4.36.66.178',

    '8.7.198.45',

    '37.61.54.158',

    '46.82.174.68',

    '59.24.3.173',

    '64.33.88.161',

    '64.33.99.47',

    '64.66.163.251',

    '65.104.202.252',

    '65.160.219.113',

    '66.45.252.237',

    '72.14.205.99',

    '72.14.205.104',
```

```
    '78.16.49.15',
    '93.46.8.89',
    '128.121.126.139',
    '159.106.121.75',
    '169.132.13.103',
    '192.67.198.6',
    '202.106.1.2',
    '202.181.7.85',
    '203.161.230.171',
    '207.12.88.98',
    '208.56.31.43',
    '209.36.73.33',
    '209.145.54.50',
    '209.220.30.174',
    '211.94.66.147',
    '213.169.251.35',
    '216.221.188.182',
    '216.234.179.13'
}

current_ttl = 1

def locate_dns_hijacking(nfqueue_element):
    global current_ttl
```

```
try:
    ip_packet = dpkt.ip.IP(nfqueue_element.get_payload())
    if dpkt.ip.IP_PROTO_ICMP == ip_packet['p']:
        print(socket.inet_ntoa(ip_packet.src))
    elif dpkt.ip.IP_PROTO_UDP == ip_packet['p']:
        if DNS_IP == socket.inet_ntoa(ip_packet.dst):
            ip_packet.ttl = current_ttl
            current_ttl += 1
            ip_packet.sum = 0
            nfqueue_element.set_payload(str(ip_packet))
        else:
            if contains_wrong_answer(dpkt.dns.DNS(ip_packet.udp.data)):
                sys.stdout.write('* ')
                sys.stdout.flush()
                nfqueue_element.drop()
                return
            else:
                print('END')
    nfqueue_element.accept()
except:
    traceback.print_exc()
    nfqueue_element.accept()
```

```
def contains_wrong_answer(dns_packet):
   for answer in dns_packet.an:
       if socket.inet_ntoa(answer['rdata']) in WRONG_ANSWERS:
           return True
   return False


nfqueue = NetfilterQueue()
nfqueue.bind(0, locate_dns_hijacking)


def clean_up(*args):
   subprocess.call('iptables -D OUTPUT -p udp --dst %s -j QUEUE' % DNS_IP, shell=True)
   subprocess.call('iptables -D INPUT -p udp --src %s -j QUEUE' % DNS_IP, shell=True)
   subprocess.call('iptables -D INPUT -p icmp -m icmp --icmp-type 11 -j QUEUE',
shell=True)


signal.signal(signal.SIGINT, clean_up)


try:
   subprocess.call('iptables -I INPUT -p icmp -m icmp --icmp-type 11 -j QUEUE',
shell=True)
   subprocess.call('iptables -I INPUT -p udp --src %s -j QUEUE' % DNS_IP, shell=True)
   subprocess.call('iptables -I OUTPUT -p udp --dst %s -j QUEUE' % DNS_IP, shell=True)
   print('running..')
   nfqueue.run()
except KeyboardInterrupt:
```

```
print('bye')
```

执行 dig +tries=30 +time=1 @8.8.8.8 twitter.com 可以得到类似下面的输出：

=== 隐去 ===

=== 隐去 ===

=== 隐去 ===

219.158.100.166

219.158.11.150

* 219.158.97.30

* * 219.158.27.30

* 72.14.215.130

* 209.85.248.60

* 216.239.43.19

* * END

出现*号前面的那个 IP 就是挂了 GFW 的路由了。脚本只能执行一次，第二次需要重启。另外同一个 DNS 不能被同时查询，把 8.8.8.8 改成你没有在用的 DNS。这个脚本的一个“副作用”就是 dig 返回的答案是正确的了，因为错误的答案被丢弃了。

反向观测

前面我们已经知道从国内请求国外的 DNS 服务器大体是怎么一个被劫持的过程了。接下来我们在国内搭建一个服务器，从国外往国内发请求，看看是不是可以观测到被劫持的现象。

把路由器的 WAN 口的防火墙打开。配置本地的 dnsmasq 为使用非标准端口代理查询从而保证本地做 dig 查询的时候可以拿到正确的结果。然后在国外的服务器上执行

dig @国内路由器 ip twitter.com

可以看到收到的答案是错误的。执行前面的路由跟踪代码，结果如下：

=== 隐去 ===

=== 隐去 ===

=== 隐去 ===

115.160.187.13

213.248.76.73

219.158.33.181

219.158.29.129

219.158.19.165

* 219.158.96.225

* * * 219.158.101.233

END

可以看到不但有 DNS 劫持，而且 DNS 劫持发生在非常靠近国内路由器的位置。这也证实了 论文 中提出的观测结果。GFW 并没有严格地部署在出国境前第一跳的位置，而是更加靠前。并且是双向的，至少 DNS 劫持是双向经过实验证实了。

通过避免 GFW 重建请求反 DNS 劫持

使用非标准端口

这个实验就非常简单了。使用 53 之外的端口查询 DNS，观测是否有错误答案被返回。

dig @208.67.222.222 -p 5353 twitter.com

使用的 DNS 服务器是 OpenDNS，端口为 5353 端口。使用非标准端口的 DNS 服务器不多，并不是所有的 DNS 服务器都会提供非标准端口供查询。结果如下：

```
; <<>> DiG 9.9.1-P3 <<>> @208.67.222.222 -p 5353 twitter.com

; (1 server found)

;; global options: +cmd

;; Got answer:

;; ->>HEADER<<- opcode: QUERY, status: NOERROR, id: 5367

;; flags: qr rd ra; QUERY: 1, ANSWER: 3, AUTHORITY: 0, ADDITIONAL: 1

;; OPT PSEUDOSECTION:

; EDNS: version: 0, flags:; udp: 8192

;; QUESTION SECTION:

;twitter.com.                   IN      A

;; ANSWER SECTION:

twitter.com.            5       IN      A       199.59.150.39

twitter.com.            5       IN      A       199.59.148.82

twitter.com.            5       IN      A       199.59.148.10

;; Query time: 194 msec

;; SERVER: 208.67.222.222#5353(208.67.222.222)

;; WHEN: Mon Jan 14 11:47:46 2013

;; MSG SIZE  rcvd: 88
```

可见，非标准端口还是可以得到正确结果的。但是这种穿墙并不能被应用程序直接使用，因为几乎所有的应用程序都不支持使用非标准端口查询。有很多种办法把端口变成 53 端口能用。

- 使用本地 DNS 服务器转发（dnsmasq，pdnsd）
- 用 NetfilterQueue 改写 IP 包
- 用 iptables 改写 IP 包：iptables -t nat -I OUTPUT --dst 208.67.222.222 -p udp --dport 53 -j DNAT --to-destination 208.67.222.222:5353

使用 TCP 查询

这个实验就更加简单了，也是一条命令：

```
dig +tcp @8.8.8.8 twitter.com
```

GFW 在日常是不屏蔽 TCP 的 DNS 查询的，所以可以得到正确的结果。但是和非标准端口一样，几乎所有的应用程序都不支持使用 TCP 查询。已知的 TCP 转 UDP 方式是使用 pdnsd 或者 unbound 转（http://otnth.blogspot.jp/2012/05/openwrt-dns.html?m=1）。

但是GFW现在不屏蔽TCP的DNS查询并不代表GFW不能这么干。做一个小实验：

```
root@OpenWrt:~# dig +tcp @8.8.8.8 dl.dropbox.com

;; communications error to 8.8.8.8#53: connection reset
```

可 以看到 GFW 是能够知道你在查询什么的。与 HTTP 关键字过滤一样，一旦发现查询的内容不恰当，立马就发 RST 包过来切断连接。那么为什么 GFW 不审查所 有的 TCP 的 DNS 查询呢？原因很简单，用 TCP 查询的绝对少数，尚不值得这么去干。而且就算你能查询到正确域名，GFW 自认为还有 HTTP 关键字过滤和 封 IP 等后着守着呢，犯不着在 DNS 上卡这么死。

使用单向代理

严 格来说单向代理并不是穿墙，因为它仍然需要在国外有一个代理服务器。使用代理服务器把 DNS 查询发出去，但是 DNS 查询并不经由代理服务器而是直接发回客 户端。这样的实现在目前有更好的反劫持的手段（比如非标准端口）的情况下并不是一个有实际意义的做法。但是对于观测 GFW 的封锁机制还是有帮助的。据报道 在敏感时期，对 DNS 不仅仅是劫持，而是直接丢包。通过单向代理可以观测丢包是针对出境流量的还是入境流量的。

客户端需要使用 iptables 把 DNS 请求转给 NetfilterQueue，然后用 python 代码把 DNS 请求包装之后发给中转代理。对于应用程序来说，这个包装的过程是透明的，它仍然认为请求是直接发给 DNS 服务器的。

客户端代码如下，名字叫 smuggler.py（https://gist.github.com/4531012）：

```
from netfilterqueue import NetfilterQueue

import subprocess
```

```
import signal

import traceback

import socket



IMPERSONATOR_IP = 'x.x.x.x'

IMPERSONATOR_PORT = 19840



udp_socket = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_DGRAM, socket.IPPROTO_UDP)



def smuggle_packet(nfqueue_element):

   try:

       original_packet = nfqueue_element.get_payload()

       print('smuggled')

       udp_socket.sendto(original_packet, (IMPERSONATOR_IP, IMPERSONATOR_PORT))

       nfqueue_element.drop()

   except:

       traceback.print_exc()

       nfqueue_element.accept()



nfqueue = NetfilterQueue()

nfqueue.bind(0, smuggle_packet)



def clean_up(*args):
```

```
   subprocess.call('iptables -D OUTPUT -p udp --dst 8.8.8.8 --dport 53 -j QUEUE',
shell=True)


signal.signal(signal.SIGINT, clean_up)


try:
   subprocess.call('iptables -I OUTPUT -p udp --dst 8.8.8.8 --dport 53 -j QUEUE',
shell=True)
   print('running..')
   nfqueue.run()
except KeyboardInterrupt:
   print('bye')
```

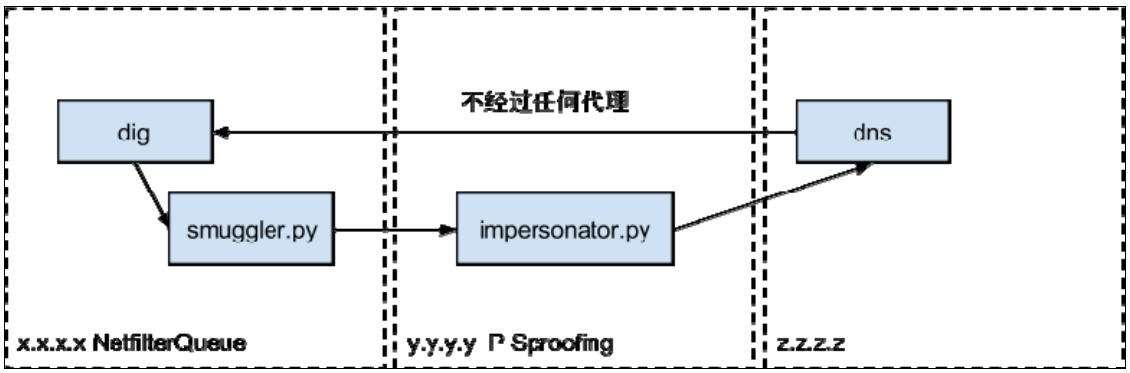
服务器端代码如下，名字叫 impersonator.py：

```
import socket
import dpkt.ip


def main_loop(server_socket, raw_socket):
21while True:
                packet_bytes, from_ip = server_socket.recvfrom(4096)
                packet = dpkt.ip.IP(packet_bytes)
                dst = socket.inet_ntoa(packet.dst)
                print('%s:%s => %s:%s' % (socket.inet_ntoa(packet.src),
packet.data.sport, dst, packet.data.dport))
                raw_socket.sendto(packet_bytes, (dst, 0))
```

```
server_socket = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_DGRAM)

try:

        server_socket.bind(('0.0.0.0', 19840))

        raw_socket = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_RAW,
socket.IPPROTO_RAW)

        try:

                raw_socket.setsockopt(socket.SOL_IP, socket.IP_HDRINCL, 1)

                main_loop(server_socket, raw_socket)

        finally:

                raw_socket.close()

finally:

        server_socket.close()
```

在路由器上运行的时候要把 WAN 的防火墙规则改为接受 INPUT，否则进入的 UDP 包会因为没有对应的出去的 UDP 包而被过滤掉。这是单向代理的一个缺陷，需要在墙上开洞。把防火墙整个打开是一种开洞的极端方式。后面专门讨论单向代理的时候会有更多关于防火墙凿洞的讨论。

第二个运行的条件是服务器所在的网络没有对 IP SPROOFING 做过滤。服务器实际上使用了和 GFW 发错误答案一样的技术，就是伪造 SRC 地址。通过把 SRC 地址填成客户端所在的 IP 地址，使得 DNS 查询的结果不需要经过代理服务器中装直接到达客户端。



通过丢弃错误答案反 DNS 劫持

使用 iptables 过滤

前 两种方式都是针对 GFW 的重建这一步。因为 GFW 没有在日常的时候监听所有 UDP 端口以及监听 TCP 流量，所以非标准端口或者 TCP 的 DNS 查询可以被放 行。选择性丢包则针对的是 GFW 的应对措施。既然 GFW 发错误的答案回来，只要我们不认它给的答案，等正确的答案来就是了。有两篇相关文档

- 使用 ipfilter 过滤 GFW 滴 DNS 污染
- AntiDNSPoisoning （作者有更新： https://github.com/hackgfw/openwrt-gfw）

改写成 python 脚本是这样的（https://gist.github.com/4530465），实现来自于 AntiDNSPoisoning：

```
import sys

import subprocess



# source
http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%9F%9F%E5%90%8D%E6%9C%8D%E5%8A%A1%E5%99%A8%E7%BC%93
%E5%AD%98%E6%B1%A1%E6%9F%93

WRONG_ANSWERS = {

    '4.36.66.178',

    '8.7.198.45',

    '37.61.54.158',

    '46.82.174.68',

    '59.24.3.173',

    '64.33.88.161',

    '64.33.99.47',

    '64.66.163.251',

    '65.104.202.252',

    '65.160.219.113',
```

```
    '66.45.252.237',
    '72.14.205.99',
    '72.14.205.104',
    '78.16.49.15',
    '93.46.8.89',
    '128.121.126.139',
    '159.106.121.75',
    '169.132.13.103',
    '192.67.198.6',
    '202.106.1.2',
    '202.181.7.85',
    '203.161.230.171',
    '207.12.88.98',
    '208.56.31.43',
    '209.36.73.33',
    '209.145.54.50',
    '209.220.30.174',
    '211.94.66.147',
    '213.169.251.35',
    '216.221.188.182',
    '216.234.179.13'
}
```

```
rules = ['-p udp --sport 53 -m u32 --u32 "4 & 0x1FFF = 0 && 0 >> 22 & 0x3C @ 8 & 0x8000 = 0x8000 && 0 >> 22 & 0x3C @ 14 = 0" -j DROP']

for wrong_answer in WRONG_ANSWERS:

   hex_ip = ' '.join(['%02x' % int(s) for s in wrong_answer.split('.')])

   rules.append('-p udp --sport 53 -m string --algo bm --hex-string "|%s|" --from 60 --to 180  -j DROP' % hex_ip)



try:

   for rule in rules:

       print(rule)

       subprocess.call('iptables -I INPUT %s' % rule, shell=True)

   print('running..')

   sys.stdin.readline()

except KeyboardInterrupt:

   print('bye')

finally:

   for rule in reversed(rules):

       subprocess.call('iptables -D INPUT %s' % rule, shell=True)
```

本 地有了这些iptables规则之后就可以丢弃掉GFW发回来的错误答案，从而得到正确的解析结果。这个脚本用到了两个 iptables 模块一个是 u32 一个是 string。这两个内核模块不是所有的 linux 机器都有的。比如大部分的 Android 手机都没有这两个内核模块。所以上面的脚本适合内核模块 很容易安装的场景，比如你的 ubuntu pc。因为 linux 的内核模块与内核版本（每次编译基本都不同）是一一对应的，所以不同的 linux 机器是无法共享同样的内核模块的。所以基于内核模块 的方案天然地具有安装困难的缺陷。

使用 nfqueue 过滤

对 于没有办法自己安装或者编译内核模块的场景，比如最常见的 Android 手机，厂家不告诉你内核的具体版本以及编译参数，普通用户是没有办法重新编译 linux 内核的。对于这样的情况，iptables 提供了 nfqueue，我们可以把内核模块做的 ip 过滤的工作交给用户态（也就是普通的应用程序）来 完成。

```
CLEAN_DNS = '8.8.8.8'

RULES = []

for iface in network_interface.list_data_network_interfaces():

    # this rule make sure we always query from the "CLEAN" dns

    RULE_REDIRECT_TO_CLEAN_DNS = (

        {'target': 'DNAT', 'iface_out': iface, 'extra': 'udp dpt:53
to:%s:53' % CLEAN_DNS},

        ('nat', 'OUTPUT', '-o %s -p udp --dport 53 -j DNAT --to-destination
%s:53' % (iface, CLEAN_DNS))

    )

    RULES.append(RULE_REDIRECT_TO_CLEAN_DNS)

    RULE_DROP_PACKET = (

        {'target': 'NFQUEUE', 'iface_in': iface, 'extra': 'udp spt:53 NFQUEUE num 1'},

        ('filter', 'INPUT', '-i %s -p udp --sport 53 -j NFQUEUE --queue-num 1' % iface)

    )

    RULES.append(RULE_DROP_PACKET)

# source
http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%9F%9F%E5%90%8D%E6%9C%8D%E5%8A%A1%E5%99%A8%E7%BC%93
%E5%AD%98%E6%B1%A1%E6%9F%93

WRONG_ANSWERS = {

    '4.36.66.178',

    '8.7.198.45',
```

```
'37.61.54.158',
'46.82.174.68',
'59.24.3.173',
'64.33.88.161',
'64.33.99.47',
'64.66.163.251',
'65.104.202.252',
'65.160.219.113',
'66.45.252.237',
'72.14.205.99',
'72.14.205.104',
'78.16.49.15',
'93.46.8.89',
'128.121.126.139',
'159.106.121.75',
'169.132.13.103',
'192.67.198.6',
'202.106.1.2',
'202.181.7.85',
'203.161.230.171',
'203.98.7.65',
'207.12.88.98',
'208.56.31.43',
'209.36.73.33',
```

```
    '209.145.54.50',
    '209.220.30.174',
    '211.94.66.147',
    '213.169.251.35',
    '216.221.188.182',
    '216.234.179.13',
    '243.185.187.39'
}
def handle_nfqueue():
    try:
        nfqueue = NetfilterQueue()
        nfqueue.bind(1, handle_packet)
        nfqueue.run()
    except:
        LOGGER.exception('stopped handling nfqueue')
        dns_service_status.error = traceback.format_exc()
def handle_packet(nfqueue_element):
    try:
        ip_packet = dpkt.ip.IP(nfqueue_element.get_payload())
        dns_packet = dpkt.dns.DNS(ip_packet.udp.data)
        if contains_wrong_answer(dns_packet):
        # after the fake packet dropped, the real answer can be accepted by the client
            LOGGER.debug('drop fake dns packet: %s' % repr(dns_packet))
            nfqueue_element.drop()
```

```
            return

        nfqueue_element.accept()

        dns_service_status.last_activity_at = time.time()

    except:

        LOGGER.exception('failed to handle packet')

        nfqueue_element.accept()

def contains_wrong_answer(dns_packet):

    if dpkt.dns.DNS_A not in [question.type for question in dns_packet.qd]:

        return False # not answer to A question, might be PTR

    for answer in dns_packet.an:

        if dpkt.dns.DNS_A == answer.type:

            resolved_ip = socket.inet_ntoa(answer['rdata'])

            if resolved_ip in WRONG_ANSWERS:

                return True # to find wrong answer

            else:

                LOGGER.info('dns resolve: %s => %s' % (dns_packet.qd[0].name,
resolved_ip))

                return False # if the blacklist is incomplete, we will think it is right
answer

    return True # to find empty answer
```

其 原理是一样的，过滤所有的 DNS 应答，如果发现是错误的答案就丢弃。因为是基于 nfqueue 的，所以只要 linux 内核支持 nfqueue，而且 iptables 可以添加 nfqueue 的 target，就可以使用以上方式来丢弃 DNS 错误答案。目前已经成功在主流的 android 手机上运行该程 序，并获得正确的 DNS 解析结果。另外，上面的实现利用 iptables 的重定向能力，达到了更换本机 dns 服务器的目的。无论机器设置的 dns 服务器是 什么，通过上面的 iptables 规则，统统给你重定向到干净的 DNS（8.8.8.8）。

自 此 DNS 穿墙的讨论基本上就完成了。DNS 劫持是所有 GFW 封锁手段中最薄弱的一环，有很多种方法都可以穿过。如果不想写代码，用 V2EX DNS 的非标准端口是最容易的部署方式。如果愿意部署代码，用 nfqueue 丢弃错误答案是最可靠通用的方式，不依赖于特定的服务器。fqdns 集成了所 有的克服 DNS 劫持的手段，其为 fqrouter 的组成部分之一： https://github.com/fqrouter/fqdns

封 IP 观测

观测 twitter.com

首先使用 dig 获得 twitter.com 的 ip 地址：

```
root@OpenWrt:~# dig +tcp @8.8.8.8 twitter.com

; <<>> DiG 9.9.1-P3 <<>> +tcp @8.8.8.8 twitter.com

; (1 server found)

;; global options: +cmd

;; Got answer:

;; ->>HEADER<<- opcode: QUERY, status: NOERROR, id: 8015

;; flags: qr rd ra; QUERY: 1, ANSWER: 3, AUTHORITY: 0, ADDITIONAL: 1

;; OPT PSEUDOSECTION:

; EDNS: version: 0, flags:; udp: 512

;; QUESTION SECTION:

;twitter.com.                                   IN
          A

;; ANSWER SECTION:

twitter.com.                            7               IN
          A               199.59.149.230

twitter.com.                            7               IN
          A               199.59.150.39
```

twitter.com. 7 IN A 199.59.150.7

根据前面的内容我们知道使用 dns over tcp，大部分的域名解析都不会被干扰的。这里得到了三个 ip 地址。先来测试 199.59.149.230

root@OpenWrt:~# traceroute 199.59.149.230 -n

traceroute to 199.59.149.230 (199.59.149.230), 30 hops max, 38 byte packets

1 123.114.32.1 19.862 ms 4.267 ms 101.431 ms

2 61.148.163.73 920.148 ms 5.108 ms 3.868 ms

3 124.65.56.129 7.596 ms 7.742 ms 7.735 ms

4 123.126.0.133 5.310 ms 7.745 ms 7.573 ms

5 * * *

6 * * *

这个结果是最常见的。在骨干路由器上，针对这个 ip 丢包了。这种封锁方式就是最传统的封 IP 方式，BGP 路由扩散，现象就是针对上行流量的丢包。再来看 199.59.150.39

root@OpenWrt:~# traceroute 199.59.150.39 -n

traceroute to 199.59.150.39 (199.59.150.39), 30 hops max, 38 byte packets

1 123.114.32.1 14.046 ms 20.322 ms 19.918 ms

2 61.148.163.229 7.461 ms 7.182 ms 7.540 ms

3 124.65.56.157 4.491 ms 3.342 ms 7.260 ms

4 123.126.0.93 6.715 ms 7.309 ms 7.438 ms

5 219.158.4.126 5.326 ms 3.217 ms 3.596 ms

6 219.158.98.10 3.508 ms 3.606 ms 4.198 ms

7 219.158.33.254 140.965 ms 133.414 ms 136.979 ms

8 129.250.4.107 132.847 ms 137.153 ms 134.207 ms

9 61.213.145.166 253.193 ms 253.873 ms 258.719 ms

10 199.16.159.15 257.592 ms 258.963 ms 256.034 ms

11 199.16.159.55 267.503 ms 268.595 ms 267.590 ms

12 199.59.150.39 266.584 ms 259.277 ms 263.364 ms

在 我撰写的时候，这个 ip 还没有被封。但是根据经验，twitter.com 享受了最高层次的 GFW 关怀，新的 ip 基本上最慢也是隔日被封的。不过通过这个 traceroute 可以看到 219.158.4.126 其实就是那个之前捣乱的服务器，包是在它手里被丢掉的（严格来说并不一定是 219.158.4.126，因为 ip 包经过的路由对于不同的目标 ip 设置不同的端口都可能会不一样）。再来看 199.59.150.7

root@OpenWrt:~# traceroute 199.59.150.7 -n

traceroute to 199.59.150.7 (199.59.150.7), 30 hops max, 38 byte packets

1 123.114.32.1 11.379 ms 10.420 ms 23.008 ms

2 61.148.163.229 6.102 ms 6.777 ms 7.373 ms

3 61.148.153.61 5.638 ms 3.148 ms 3.235 ms

4 123.126.0.9 3.473 ms 3.306 ms 3.216 ms

5 219.158.4.198 2.839 ms !H * 6.136 ms !H

这次同样是封 IP，但是现象不同。通过抓包可以观察到是什么问题：

root@OpenWrt:~# tcpdump -i pppoe-wan host 199.59.150.7 or icmp -vvv

07:46:11.355913 IP (tos 0x0, ttl 251, id 0, offset 0, flags [none], proto ICMP (1), length 56)

219.158.4.198 > 123.114.40.44: ICMP host r-199-59-150-7.twttr.com unreachable, length 36

IP (tos 0x0, ttl 1, id 0, offset 0, flags [DF], proto UDP (17), length 38)

123.114.40.44.45021 > r-199-59-150-7.twttr.com.33449: UDP, length 10

原来219.158.4.198发回来了一个ICMP包,内容是地址不可到达(unreachable)。于是 traceroute 就在那里断掉了。

```
root@OpenWrt:~# iptables -I INPUT -p icmp --icmp-type 3 -j DROP
```

如果把 unreachable 类型的 ICMP 包丢弃掉，会发现 ip 包仍然过不去

```
root@OpenWrt:~# traceroute 199.59.150.7 -n
traceroute to 199.59.150.7 (199.59.150.7), 30 hops max, 38 byte packets
 1  123.114.32.1  4.866 ms  3.165 ms  3.212 ms
 2  61.148.163.229  3.107 ms  3.104 ms  3.270 ms
 3  61.148.153.61  6.001 ms  7.246 ms  7.398 ms
 4  123.126.0.9  7.840 ms  7.223 ms  7.443 ms
 5  *  *  *
```

这次就和被丢包了是一样的观测现象了。

```
root@OpenWrt:~# iptables -L -v -n | grep icmp
    3   168 DROP       icmp
--  *      *       0.0.0.0/0            0.0.0.0/0
        icmp type 3
```

同时，可以看到我们仍然是收到了 icmp 地址不可到达的包的，只是被我们 drop 掉了。

观测被封 ip 的反向流量

之前的观测中，被封的 ip 是 ip 包的 dst。如果我们从国外往国内发包，其 src 是被封的 ip，那么 ip 包是否会被 GFW 过滤掉呢？

登录到一台国外的 vps 上执行下面的 python 代码

```
from scapy.all import *
send(IP(src="199.59.150.7", dst="123.114.40.44")/ICMP())
```

然后在国内的路由器（123.114.40.44）上执行抓包程序

```
root@OpenWrt:~# tcpdump -i pppoe-wan host 199.59.150.7 or icmp -vvv
```

```
tcpdump: listening on pppoe-wan, link-type LINUX_SLL (Linux cooked),
capture size 65535 bytes

10:41:14.294671 IP (tos 0x0, ttl 50, id 1, offset 0, flags [none], proto
ICMP (1), length 28)

    r-199-59-150-7.twttr.com > 123.114.40.44: ICMP echo request, id 0,
seq 0, length 8

10:41:14.294779 IP (tos 0x0, ttl 64, id 25013, offset 0, flags [none],
proto ICMP (1), length 28)

    123.114.40.44 > r-199-59-150-7.twttr.com: ICMP echo reply, id 0,
seq 0, length 8
```

可 以看到，如果该 ip 是 src 而不是 dst 并不会被 GFW 过滤。这一行为有两种可能：要么 GFW 认为封 dst 就可以了，不屑于再封 src 了。另外一种可能是 GFW 封 twitter 的 IP 用的是路由表扩散技术，而传统的路由表是基于 dst 做路由判断的（高级的路由器可以根据 src 甚至端口号做为路由的依据）， 所以 dst 路由表导致的路由黑洞并不会影响该 ip 为 src 的情况。我相信是后者，但是 GFW 在封个人翻墙主机上所表现的实力（对大量的 ip 做精确到端口的全国性丢包）让我们相信，GFW 很容易把封锁变成双向的。不过说实话，在这个硬实力的背后，靠的更多的是 CISCO 下一代骨干网路由器的超强处理能力，而不是 GFW 自身。

单向代理

因 为GFW 对 IP 的封锁是针对上行流量的,所以使得单向代理就可以突破封锁。上行的 IP 包经过单向代理转发给目标服务器，下行的 IP 包直接由目标服务器发回 给客户端。代码与 DNS（UDP 协议）的单向代理是一样的。因为单向代理利用的是 IP 协议，所以 TCP 与 UDP 都是一样的。除了单向代理，目前尚没有其他 的办法穿过 GFW 访问被封的 IP，只能使用传统的翻墙技术，SOCKS 代理或者 VPN 这些。

使用中国 IP 访问 twitter 一文中有更详细的描述：

- http://fqrouter.tumblr.com/post/38463337823/ip-twitter-1-nfqueue-packet
- http://fqrouter.tumblr.com/post/38465016969/ip-twitter-2-nat
- http://fqrouter.tumblr.com/post/38468377418/ip-twitter-3-raw-socket
- http://fqrouter.tumblr.com/post/38469096940/ip-twitter-4

有一个小工具来实现单向代理：https://github.com/fqrouter/fquni

观测 HTTP 关键词过滤

未完待续 （请订阅我的博客或者 twitter 获得持续更新：http://fqrouter.tumblr.com）

运行在 Android 上的翻墙工具 fqrouter 已经在 Google Play 上架：
https://play.google.com/store/apps/details?id=fq.router2

==========

一般来说，使用体验分为以下几个层面的需求：

1. 有效，会不会仍然被墙挡住
2. 速度，会不会影响上传下载的传输率
3. 稳定，会不会经常断掉
4. 通用，所有的应用程序都支持
5. 设置简单，不需要复杂的设置，不需要重复的设置
6. 花费少，服务器租用成本，设备购买成本，带宽成本

[a]翻墙是门博大精深的课题
[b]据我测试，OpenVPN 的 UDP 方式的封锁是 GFW 丢弃 OpenVPN 连接建立过程中的数据包，导致连接根本无法建立，
http://ratazzi.org/2012/12/09/about-openvpn-interrupt-by-xxx/
[c]下载 pdf 保存了
[d]Big thx!
[e]非常强大 希望博主持续跟进
[f]结 尾提到第一篇文章 “使用 ipfilter 过滤 GFW 滴 DNS 污染” 其实引用的是我在 AutoDDVPN 上写的 PoC, 而第二篇文章 “AntiDNSPoisoning” 则是完整实现。另外我把项目迁移到了 https://github.com/hackgfw/openwrt-gfw 也把完整翻墙方案补全了。
[g]虽然我看不懂。但我很感谢你，和你们这些人。虽然我不觉的你们能赢，但我觉的你们是这个网络时代的英雄。
[h]学习鸟

原文链接：bit.ly/fqrouter
作者的博客：http://fqrouter.tumblr.com

禁闻代理-轻量级翻墙工具

禁闻代理简介：
禁闻代理翻墙,轻量级翻墙工具,极速访问绝大多数被墙网站.
最新版下载：
https://github.com/bannedbook/fanqiang/wiki
禁闻代理下载 下载短网址: https://git.io/jwd

禁闻代理使用说明：
禁闻代理提供 2 种翻墙模式，代理模式和直翻模式，默认使用代理模式，如果代理模式链接不畅，可尝试使用直翻模式。推荐使用 Google Chrome 浏览器。下载解压后，双击 jwproxy.exe 启动程序即可实现翻墙浏览了。

支持平台：
禁闻代理中的 jwproxy.exe 为 PC 平台 Windows 程序，支持 Windows XP、Windows 7、Windows 8、Windows 10 等环境。
压缩包中携带的 htm 文件，为 htm 版翻墙工具，只要用支持 js 的浏览器打开即可翻墙，无论任意平台、任意设备只要能打开本地 htm 文件并支持 js 的浏览器都可实现翻墙。

安卓翻墙工具-禁闻浏览器 JWBrowser

安卓翻墙工具-禁闻浏览器 JWBrowser 简介：
安卓翻墙工具-禁闻浏览器 JWBrowser 翻墙,轻量级翻墙工具,极速访问绝大多数被墙网站.
禁闻浏览器 JWBrowser 由禁闻网出品，宗旨是帮助中国大陆网友自由翻墙上网，获取海外自由世界的信息。

特别提醒：
禁闻浏览器 JWBrowser 不加密网络流量，对安全性要求很高的敏感人士建议慎用或不用。

使用说明：如果代理暂时无法连接，请不要删除应用，我们很快就会更新，也许过一会儿就好用了。

最新版下载：
https://github.com/bannedbook/fanqiang/wiki#androidfq

下载：

禁闻浏览器下载　下载短网址:https://git.io/vzafO 从 Google 安卓市场下载:翻墙