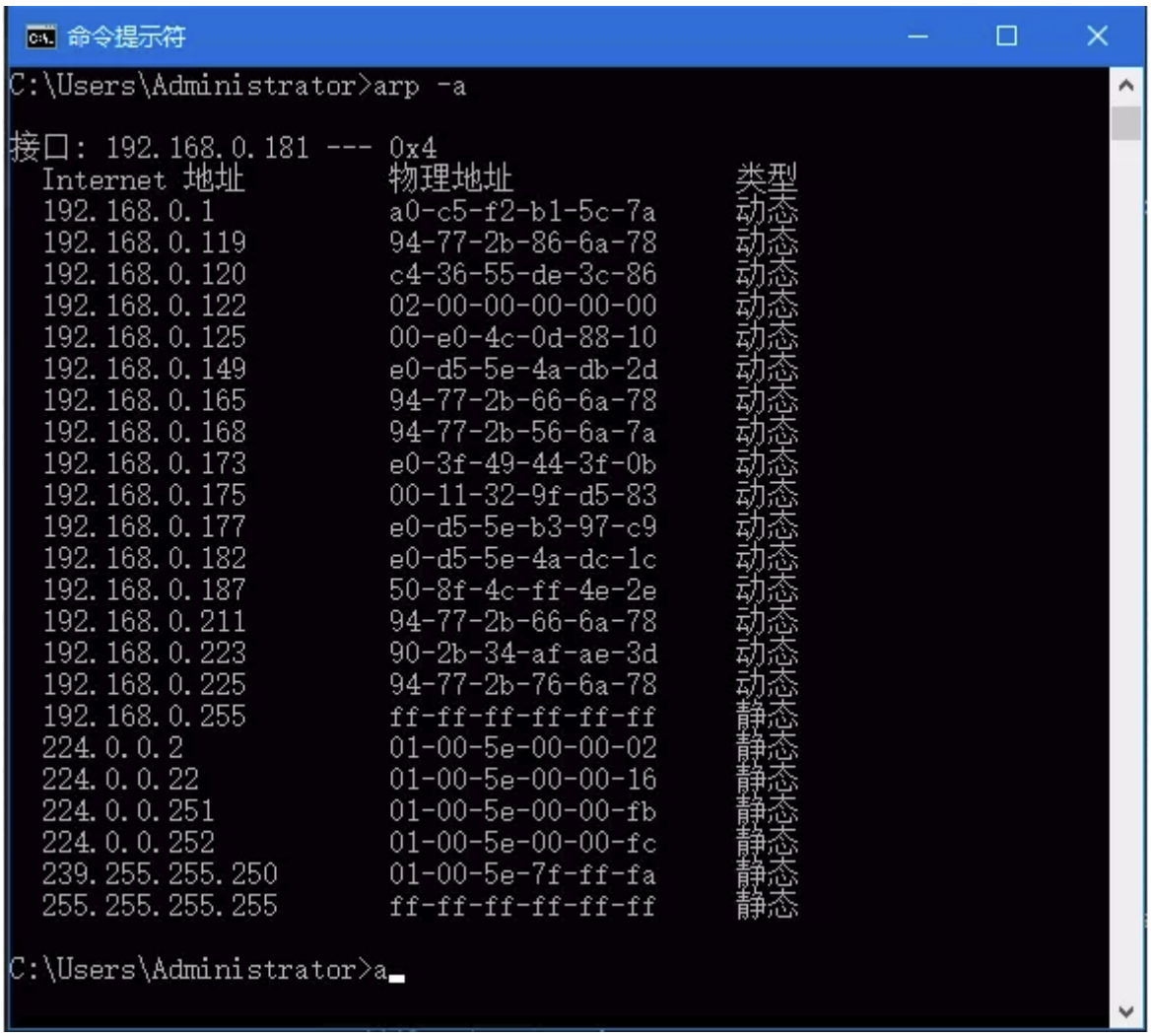
title: ARP协议原理 author: 杰杰 top: false cover: false toc: true mathjax: false date: 2019-10-15 22:56:12 img: coverImg: password: summary: tags: - TCP/IP - 网络 - LwIP categories: TCP/IP

引言

从前一篇文章中，我们知道计算机中会维护一个ARP缓存表，这个表记录着IP地址与MAC地址的映射关系，我们可以通过在电脑的控制台通过arp -a指令查看一下我们自己计算机的ARP缓存表：



那么什么是ARP协议呢？

初识ARP

ARP协议是地址解析协议（Address Resolution Protocol）是通过解析IP地址得到MAC地址的，是一个在网络协议包中极其重要的网络传输协议，它与网卡有着极其密切的关系，在TCP/IP分层结构中，把ARP划分为网络层，为什么呢，因为在网络层看来，源主机与目标主机是通过IP地址进行识别的，而所有的数据传输又依赖网卡底层硬件，即链路层，那么就需要将这些IP地址转换为链路层可以识别的东西，在所有的链路中都有着自己的一套寻址机制，如在以太网中使用MAC地址进行寻址，以标识不同的主机，那么就需要有一个协议将IP地址转换为MAC地址，由此就出现了ARP协议，所有ARP协议在网络层被应用，它是网络层与链路层连接的重要枢

纽，每当有一个数据要发送的时候都需要在通过ARP协议将IP地址转换成MAC地址，在IP层及其以上的层次看来，他们只标识IP地址，从不跟硬件打交道，就像我一样，我做应用层的工作，而不会去写底层驱动，得专门有个同事将驱动写完给我，我只需要知道他提供的API接口就行了，而我就专心处理我的工作，我相信他能把驱动写好，我只需要直接调用即可。

ARP缓存表

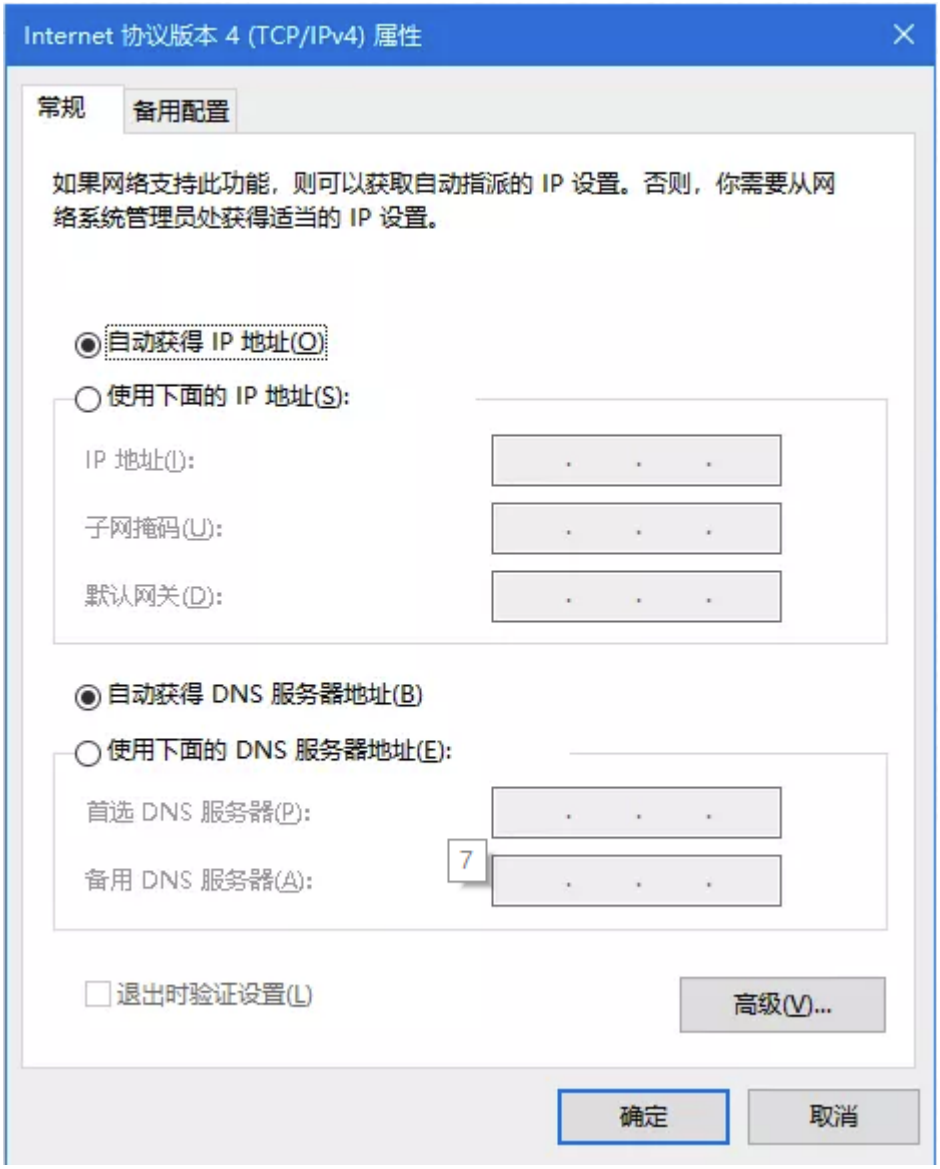
既然已经解释了ARP协议的用途及重要性，那么它是如何工作的？为了实现IP地址与MAC地址的查询与转换，ARP协议引入了ARP缓存表的概念，每台主机或路由器在维护着一个ARP缓存表（ARP table），这个表包含IP地址到MAC地址的映射关系，表中记录了<IP地址，MAC地址>对，我称之为ARP表项，如我们前面那张图所展示的一样，他们是主机最近运行时获得关于其他主机的IP地址到MAC地址的映射，当需要发送数据的时候，主机就会根据数据报中的目标IP地址信息，然后在ARP缓存表中进行查找对应的MAC地址，最后通过网卡将数据发送出去。ARP缓存表包含一个寿命值（TTL，也称作生存时间），它将记录每个ARP表项的生存时间，生存时间到了就会从缓存表中删除。从一个表项放置到ARP缓存表中开始，一个表项通常的生存时间一般是10分钟吗，当然，这些生存时间是可以任意设置的，我们一般使用默认即可。

一句话总结ARP协议的工作

ARP协议的主要工作就是建立、查询、更新、删除ARP表项。

ARP表项的建立

当主机开机的时候，ARP缓存表肯定是空的，那么怎么一步步建立 ARP表项 呢？如果此时想发送数据怎么办呢？因为没有ARP表项，说明就找不到IP地址到MAC地址的映射关系，这样子也就无法发送数据了。 其实协议栈的实现还是很强大的，如果没有ARP表项，那么主机就会去建立ARP表项。 以我们的电脑为例，在开机的时候，我们的电脑肯定是没有ARP表项的（或者应该说只有路由器的ARP表项，因为可能是动态获取IP地址）：

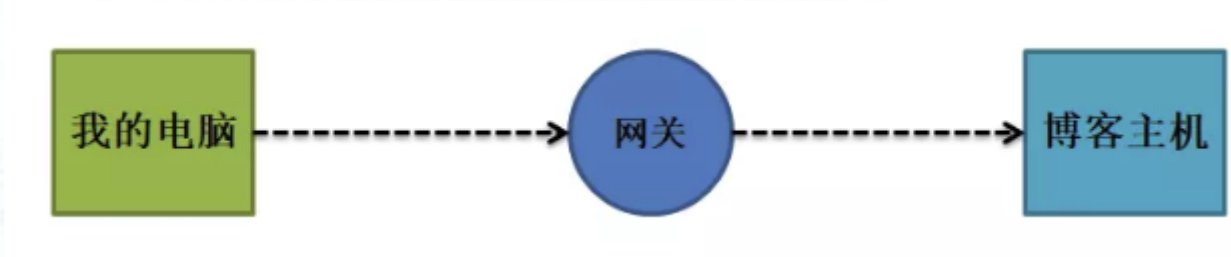


对于局域网

如果我想向局域网中的某个电脑发送一个数据，那么我的电脑就会从已有的ARP缓存表中寻找这个IP地址对应的物理地址的ARP表项，然后直接将数据写入以太网数据帧中让网卡进行发送即可，而如果没有找到这个IP地址，那么这个数据就没法立即发送，电脑会先在局域网上广播一个ARP请求（目标MAC地址为FF-FF-FF-FF-FF-FF），广播的ARP请求发出后，处于同一局域网内的所有主机都会接收到这个请求，如果目标IP地址与接收到ARP请求的主机自身IP地址吻合就会返回一个ARP应答，告诉请求者（即我的电脑）自身的MAC地址，当我的电脑收到这个ARP应答后，就去建立一个ARP表项，并且重新将数据发送出去。 ARP协议的核心就是对缓存表的操作，发送数据包的时候，查找ARP缓存表以得到对应的MAC地址，在ARP缓存表中的TTL即将过期的时候更新缓存表以保证ARP表项有效，此外ARP协议还需要不断处理来自局域网中其他主机的ARP请求。

对于公网

比如我的电脑向访问我的博客：https://jiejietop.cn 因为我的博客主机是处于外网的，那么我的电脑在访问的时候，也是找不到缓存表的，那它只能通过网关，让网关将数据转发到我的博客主机上，即：



因为我的电脑与博客主机不在一个网段，电脑查询自己的路由表，知道如果想和博客主机通信则必须通过网关（gateway）来中转，所以会在与网关直连的网卡上请求网关的MAC地址，因为电脑要把发给博客主机的数据先发给网关，当合法以太帧到达网关并且顺利接收，网关会将数据递交给IP层，IP层查询路由表，找到与博客主机直连的接口（假设是直连的，实际上肯定不是直连的），网关会发一个ARP请求到博客主机上，请求它的MAC地址，网关收到应答后将建立新的ARP表项并将开始维护ARP缓存表，然后完成最终的通信。

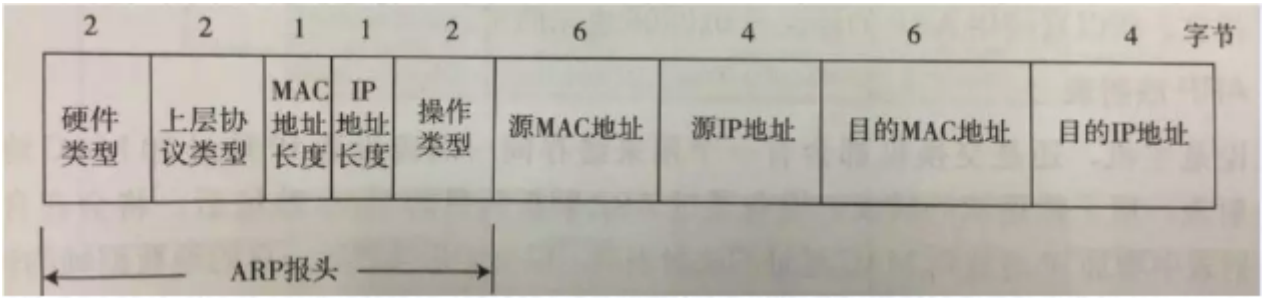
ARP缓存表的超时处理

ARP是动态处理的，现在总结一下：ARP表项的生存时间是一般为5-10分钟（LwIP中默认是5分钟），而ARP请求的等待时间是5秒钟，当这些时间到达后，就会更新ARP表项，如果在物理链路层无法连通则会删除表项。 因此每个协议栈的实现都必须维护着一个定时器（超时机制）来管理ARP缓存表，在必要的时候更新及删除ARP表项，关于怎么处理的我们就不多追究，有兴趣的可以看LwIP的etharp_tmr()源码。

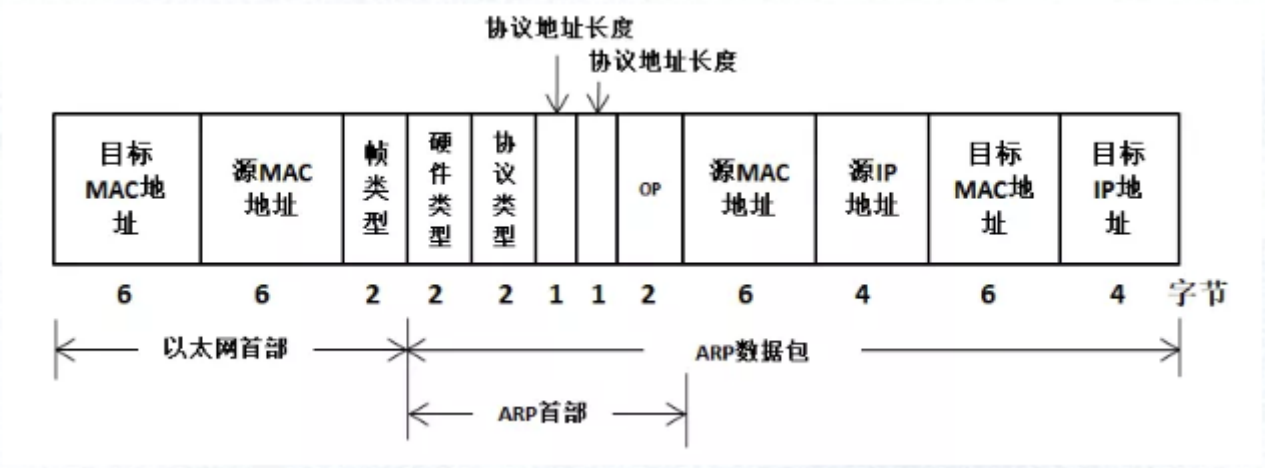
> 说点题外话：因为ARP协议是一个动态的协议，很多网络攻击都是利用ARP协议进行的，如ARP欺骗，ARP洪水攻击等等，而且这种攻击是很难防御的，当然也有办法，直接将动态的ARP缓存表设置为静态就行了，但是这就违背了ARP协议的动态地址解析特性。

ARP报文

ARP的请求与应答都是依赖ARP报文结构进行的，ARP报文是放在以太网数据帧中进行发送的，下面是ARP报文的格式：



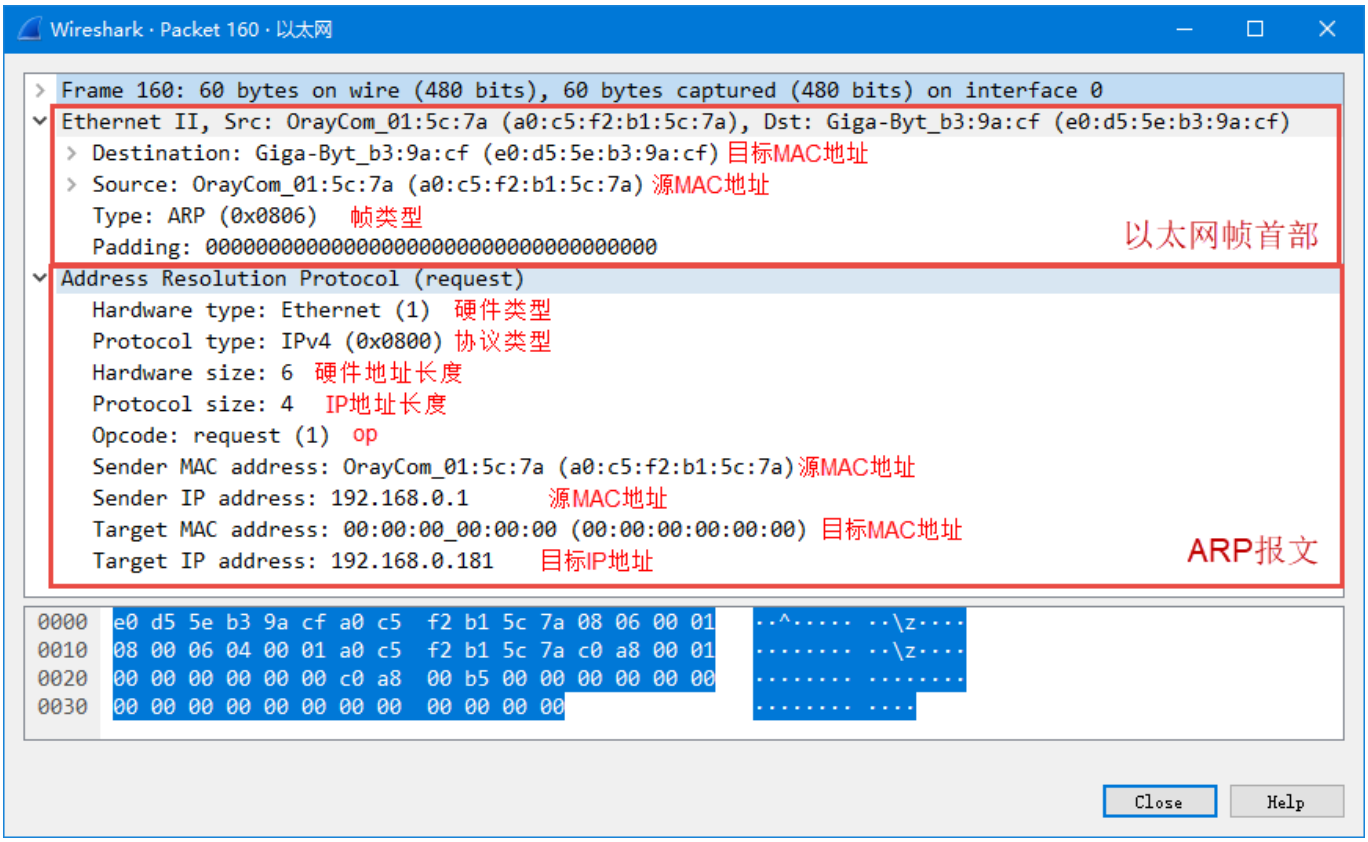
当它封装在以太网帧中的格式：

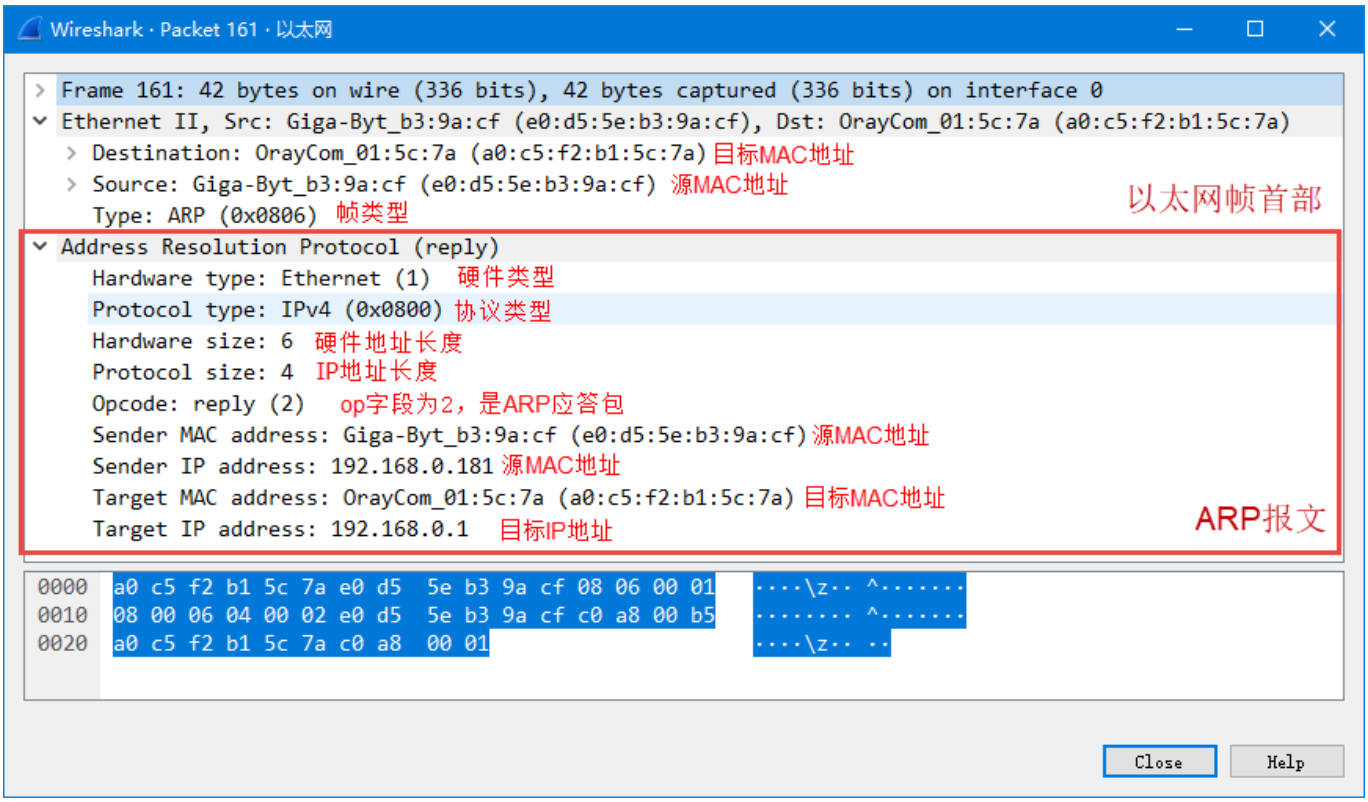


在ARP表建立前，主机并不知道目标MAC地址，所以在一开始的时候只能通过广播的方式将ARP请求包发送出去，处于同一局域网的主机都能接收到广播的数据包。所以一开始目标MAC地址是FF-FF-FF-FF-FF-FF，而以太网首部的帧类型是有多种，对于ARP数据包来说，其值为0x0806，对于IP数据报来说，其值为0x0800。 在ARP首部一开始的2个字节存储的是硬件类型，表示要知道目标网卡的硬件类型，其中，值为1表示以太网地址；接下来还有2字节的协议类型，其中，0x0800表示IP协议，其他还可能是ICMP/IGMP协议等；接下来有1个字节表示硬件地址长度，指出该报文中硬件地址的长度，对于以太网硬件类型，它的值为6；还有1字节的协议地址长度，如果是ARP协议、IP协议等，该值为4；ARP首部最后的op字段用于记录ARP操作的类型，分别是：

- ARP请求，其值为1。
- ARP应答，其值为2。
- RARP请求，其值为3。
- RARP应答，其值为4。

我们只关心ARP的请求与应答即可，RARP是逆地址解析协议，在这里我们就不用去了解，它在网络中基本已经被淘汰，用于主机在启动的时候获得自己的IP地址。 对于ARP首部后面的四个字段分别是源MAC地址、源IP地址、目标MAC地址、目标IP地址，这些就是比较简单的了。 为了加深理解，我们使用wireshark网络抓包工具形象地讲解报文格式与内容，关于wireshark网络抓包工具的使用方式我就不做过多讲解，网上教程一大把，打开工具，然后抓取电脑网络中的数据包。





未完待续... 下一篇LwIP中ARP协议的实现

喜欢就关注我吧！

相关代码可以在公众号后台获取。