

CobraNet 是综合硬件、软件和通信协议为一体的网络音频实时传技术，它的专利权在美国 PeakAudio 公司。开发 CobraNet 的目的之一就是在高速发展的计算机网络平台上找到一种实时的、稳定的专业音频数据传输的方法，这也是将来专业音频领域发展的重要方向之一。这一应用方向在多年前就以被世界各地的专业音频器材制造厂家所注意，相继提出并开发了多套解决方案。随着时间的推移，在众多方案中 CobraNet 以其良好的互通性、低成本的造价、可靠稳定的测试、可遇见的发展速度和良好的商业运作机制迅速的占领了这一市场，并得到了包括 Peavey、QSC、Hamman、Biamp、R-H 等数十家国际一流音频设备公司的支持。从某种意义上讲，由 CobraNet 技术带动的整个专业音响行业正向着计算机网络化方向进军！

我国的专业音响技术领域在国际上还处于发展阶段，国内使用 CobraNet 技术搭建大规模音响传输及控制系统的工程还是凤毛麟角。在以后的文章里，作者尽量提供一些国内外网络音频系统的案例供读者朋友参考。

一、CobraNet 技术的应用范围。

CobraNet 技术虽然先进，但并非所有的音频工程都需要使用计算机网络进行音频信号传输。对于那些独立使用音响器材的 Disco 舞厅、中小型会议室和多功能厅等场合，目前不适合使用网络型设计，这样做只能是增加设计难度和提高成本。但是对于象运动场、主题公园、歌舞剧院、广播电台、大型现场演出、大规模智能会议系统和楼宇智能音频系统等大型工程则比较适合。这是因为 CobraNet 信号是在以太网网络设备中传输的，一条普通的 5 类双绞线可以在双方向传输 128 个通道的高质量、无压缩的音频信号。如果使用光纤则可以轻易的将上百路信号传输数千米而无损耗。这会大大降低多通道、远距离多点控制音频系统的设计和运行成本。标准的 CobraNet 信号采用和 CD 唱片同样的无压缩 PCM 数据，而采样率和量化分辨率却使用了广播级的 48kHz 和 20Bit，远远高于了 CD 唱片的数据指标，这就能方便的满足广播电台的直播间信号传送、录音棚中各录音间之间的信号共享等高质量要求。

二、CobraNet 网络硬件设施要求

随着以太网交换设备的高速发展带来的价格下跌，我们不建议设计师还使用 HUB 作为 CobraNet 的网络交换设备设备而是使用全双工的 Switch 即网络交换机。尽管 PeakAudio 宣布新版本的 CobraNet 仍然支持半双工的 HUB 通信，但是这可能会给你的系统带来丢失数据、音频延时过长等问题。如果你是使用 MediaMatrix 的 CobraNet 产品，则根本不能使用 HUB。目前版本的 CobraNet 在音频采样速率

上支持 48kHz 和 96kHz，分辨率支持 16、20 和 24bit 三种，默认是 48kHz 20bit。至于为什么不宜使用网络集线器 HUB 而建议使用 Switch，我们将在后面的详细论述。

三、CobraNet 设备的类型。尽管 Peak Audio 公司开发并推广了 CobraNet 技术，但他们公司却不生产产品的，其它厂家只是向 Peak Audio 购买技术专利和 CobraNet CODEC（即 CobraNet 的编码解码器，就是一组芯片，也称为 CobraNet Core）。这样，不同厂家生产的基于 CobraNet 技术的音频传输设备就会在使用上存在一些差异，但是不同品牌的产品理论上讲是都可以互相通信的，因为它们都是遵守相同的通信协议的。按照设备的使用方法，我们又可以将 CobraNet 产品分为以下两类：

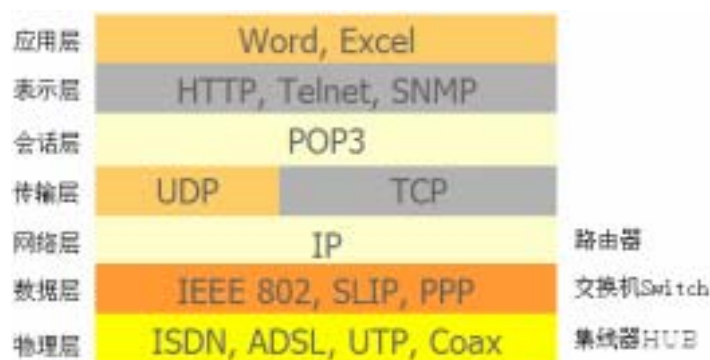
- a、只用做信号传送。由于 CobraNet 技术本来就是用来解决音频信号的传输问题的，所以针对信号的传输问题设计的信号接口箱应用就比较广泛，例如 QSC 的 RAVE、Symtrix 的 SymNet、Biamp 的 CobraNet 接口箱等等，经过固化号码的 Peavey CAB 也可以这样的应用。由于 CobraNet 的基本信号传输单元 Bundle 是以 8 个音频通道为一个数据包的，所以我们上面提及的这些产品都是 8 个音频通道为一组的（有的设备是 16 个通道一组，但是里面包含了两个 Bundle）。在实际应用中输出到功放的往往是 2 个通道，所以一些功放的制造厂家就制造了一些 2 个通道的 CobraNet 终端产品用来将 CobraNet 信号直接引入功放，例如 CrestAudio（高峰）的 CKi 系列、Crown（皇冠）的 IQ PIP2 插件和 R-H 的有源音箱系列等。
- b、信号输入——信号处理——信号输出。这就要求设备不仅仅能完成数字与模拟信号之间的 D/A、A/D 变换，还要有相配套的音频处理设备。这其中最为成熟和成功的就是我们熟知的 Peavey 公司的 MediaMatrix（媒体矩阵）。目前其它公司也在加快开发这类的产品，比如 Biamp 已经有这种带有 CobraNet 接口的小型处理机了。

四、CobraNet 为什么使用以太网？这也是网络音频设备开发初期设计师们争论和讨论的最多的问题，上世纪八十年代末期，各种网络技术相继出现，具有代表性的就是 Xerox 公司 1973 年提出的 EtherNet（以太网）、IBM 公司 1970 年提出的 Token-Ring（令牌网）和苹果（Apple）公司在八十年代开发的 AppleTalk。这些网络都有各自的优点和缺点。例如以太网应用软件的种类很多，开放性能好，成本低，但是存在网络冲突等问题；令牌网虽然有效的避免了网络的冲突，稳定性得以增强，带宽利用率高，但是由于开放性差，导致支持这一技术的厂家甚少；AppleTalk 造价是很低，但是其低效率和低速的数据传递已经不能适应现代化的网络发展，所以必定会倍淘汰。这些都是当时的一些实际情况，随着网络技术在九

十年代的飞速发展，特别是中小型局域网和 Internet 的广泛应用，使得以太网得到了前所未有的高速发展。目前全世界的应用的已经超过了 2 亿个以太网节点，快速的普及带来的就是技术的发展和成本的下降，而其灵活的开放特性使得以太网的传输速度呈对数的速度增长，从 10M 的标准以太网到百兆快速以太网甚至千兆、十千兆和百千兆以太网都已经开始运行……这些都已经证明 CobraNet 选择以太网作为媒介是正确的。采用这种网络设备以后，在以太网络上可以传输上千个无压缩的音频数据通道，而价格却象日用品一样便宜。IBM 宣布放弃令牌网的开发也证明了以太网的强大优势。

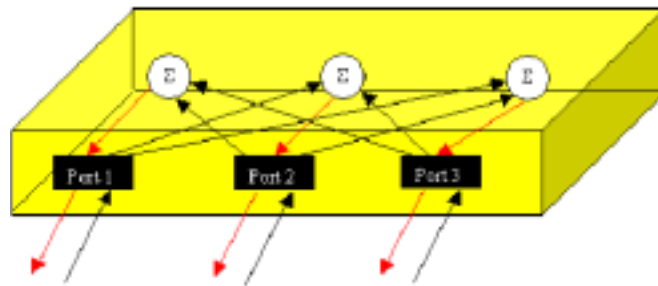
五、为什么建议使用 Switch 作为 CobraNet 的网络交换设备

要弄清这个问题，必须先清楚网络传输设备在数据信号中的作用。这里讲的网络交换设备一般指的是网络集线器 HUB、网络交换机 Switch 和路由器。提到路由器可能读者朋友会立即联想到 TCP/IP 协议集，联想到 Internet。但是很可惜，CobraNet 是建立在标准以太网构架下的网络传输协议，是工作在数据层的低层传输协议，所以涉及不到网络层以上的高级协议，也就是说 CobraNet 不属于 TCP/IP，也不能穿过路由器进入 Internet，它只能在局域网中传递。这还是因为现在全球的 Internet 的网络带宽还远远不能达到 CobraNet 的要求，同样 IEEE802.11 的无线局域网带宽也是不够的，所以目前能传输 CobraNet 的物理介质只有双绞线和光纤。我们知道在网络中的设备进行相互通信的时候，数据要经过操作系统、通信程序、网卡、网络交换设备等各个环节，而为这些环节生产相应设备的厂家也不计其数，如何能让这些产品能“相互沟通”和“相互协作”呢？那就必须有一套规则，只要大家都遵守这个通信规则，则无论是买谁生产的产品都能保证通信的正常进行。由于网络连接涉及到软件和硬件以及通信协议的问题，所以国际标准化组织 ISO 专门为网络传输定义了一个模型，让大家共同遵守，这个模型称为 OSI（即 Open System Interconnect Reference Model 开放式系统互联参考模型）。该模型由下向上共分为七层，从一到七层分别称为物理层、数据层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层，参见图一。



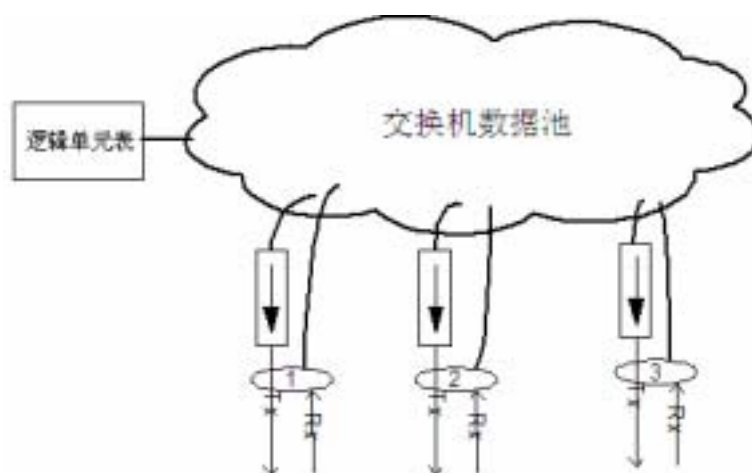
（图一）OSI 参考模型

上图中的第一层物理层完全是针对网络硬件设备提出的，层数越高越向软件方面发展，到第七层已经完全是高级应用软件了，例如我们熟悉的 Windows Office 软件。从上图我们也能看出网络集线器 HUB 是工作在最底层，也就是物理层，它是直接和物理传输硬件例如光纤、同轴电缆定义在一起的。而第二层数据层则是定义网卡通信的，网络交换机 Switch 也是工作在这一层的，所以网卡和网络交换机是可以互相通信的，这就是 Switch 和 HUB 的本质区别。在应用上 HUB 只是一个网络信号的“放大器”，它是不能识别信号的“来龙去脉”的，如图二所示，



(图二) HUB 的工作原理

当信号从任一端口进入 HUB 以后，HUB 则将这个信号进行放大后传输到其它的所有端口。也就是说从 Port 1 进入的数据，HUB 是不关心它要去哪里，只是将信号放大后传输到 Port 2 和 Port 3 就算完成任务了。这样对于 100M 带宽的 HUB 来说，某一时刻整个网络只有一个信号在传输，而且这个端口只要是接受数据的时候就不能发送数据，也就是我们所说的半双工共享 100M 带宽。而网络交换机 Switch 就不同了，可以将它理解为“智能化的集线器”。因为交换机内部是有 CPU 和内存的，存储器中有逻辑单元列表 (LUL)，列表保存着所有和这台交换机连接的网络设备的 MAC 地址，当某个通道有数据输入时，CPU 会打开这个数据包的第一层确认这个数据包的去向，然后按照目的地的 MAC 地址将这个数据包送到指定的端口，参见图三。



(图三) Switch 的工作原理

这样，Switch 就具备的智能的条件，它只是将需要相互沟通的两个端口之间建立了数据连接，而其它通道的数据传输也在同步进行而不相交叉。所以交换机的端口是“独享带宽”而且是全双工的工作的。说到这里我们就知道了由于 CobraNet 协议是工作在数据层的，所以和上层网络层的 IP 以及更高级的 TCP 无关，同样也就和工作在网络层的路由器无关了。

虽然我们推荐大家还是使用 Switch 作为 CobraNet 的网络交换设备，但是某些 CobraNet 设备依然是可以和 HUB 连接在一起的，例如 QSC 的 CobraNet 产品 RAVE，它就是使用 HUB 作为网络设备的，但是要注意，并非所有 CobraNet 设备都支持良好的 HUB 通信，比如 MediaMatrix 系统就不能使用 HUB 进行网络搭建，这会造成通信不畅或无法通信。当使用 HUB 搭建 CobraNet 网络时必须避免出现以下的网络设计问题：

1、网络中不能存在其它非 CobraNet 设备：如 PC 机等，这就意味着不能在这种网络上进行其它数据交换，甚至 SNMP 的巡查。这是由于 CobraNet 在网络数据层使用了 O-Persistent 机制，使得所有 CobraNet 设备并不遵循 CSMA/CD 协议而由网络中的 Conductor 进行管理，如果在这样的网络中加入其它类型网络设备——如普通的 PC 机——则电脑网络数据就会在总线上与 CobraNet 数据包发生冲突，导致数据丢失或连接中断。这里提到的 CSMA/CD 是以太网为了避免数据冲突而采用的一种监听机制，请读者朋友们自行查阅相关的网络知识。而 SNMP 和 Conductor 会在后面的文章讲述。

2、网络可传输的最大音频通道将不能超过 64 个。这是由 HUB 以太网的特性决定的，由于 HUB 是“广播”所有信息的，所有端口在同一时刻只能共享 100M 的带宽，这就把 CobraNet 数据包 Bundle 的数量限制到了 8 个（每个 Bundle 包含 8 个 20bit 48kHz 的 PCM 音频通道）。

3、关于网络直径（Network Diameter）。尽管随着目前的以太网络设备和电缆技术的提高，很多电缆（包括 CAT5 和光纤）都可以传递很远的距离而保持较低的误码率。例如高性能单模光纤甚至已经能够传递超过 50km 的距离，但是这些优势还不能应用到 HUB 连接的 CobraNet 上来。这是受到数据冲突（Collisions）和传播时间（Propagation Time）的限制，为了 Conductor 发送的同步码能同步达到终端设备，并且不造成信号冲突，必须限制网络直径：CAT5 搭建的 100M HUB 网络最大直径是 200 米，而多模光纤不能超过 2000 米。在实际设计中，网络直径可以按照下面的原则进行设计：

1Bit 数据在网络的上传输延时+HUB 延时 2560 个 Bit 周期（或 $2.56\mu s @ 100M$ 以太网）

可能有的朋友觉得现在的 Internet 上连实时的视频信号都能传输，怎么这个只传输音频信号的 CobraNet 会要求这么大的数据带宽呢？这就是因为 CobraNet

是不压缩的音频数据流,而我们几乎所有的其它网络媒体数据流都是压缩传输的。这里的压缩和不压缩就相差的相当多了。例如我们熟悉的 CD 唱片信号是不压缩的,每张唱片能容纳 10 几首立体声歌曲,而同样容量的使用 MP3 格式却可以装近两百首歌曲,所以这个差别还是很大的。

CobraNet 的音频 PCM 数据量在一个通道时是 $48\text{kHz} \times 20\text{Bit} = 0.96\text{MBit/s}$,再加上通道的控制数据和其它公共数据,使得每个 Bundle (包含 8 个音频通道) 的实际数据流接近 9Mbit/s 左右,而使用 100M 快速以太网交换机时,每个端口最大吞吐量为单向 8 个 Bundle,也就是 72Mbit 的带宽,这已经接近了交换机的最大吞吐量极限。当多口交换机的数据叠加时,则更是要求交换机的主板有足够的带宽,并且 CPU 的速度也要够快才行。所以在大数据量的 CobraNet 系统中我们建议使用经 PeakAudio 测试过的品牌和型号的交换机(请查阅 www.peakaudio.com),否则在通信时可能会出现数据溢出甚至不同步的严重后果。

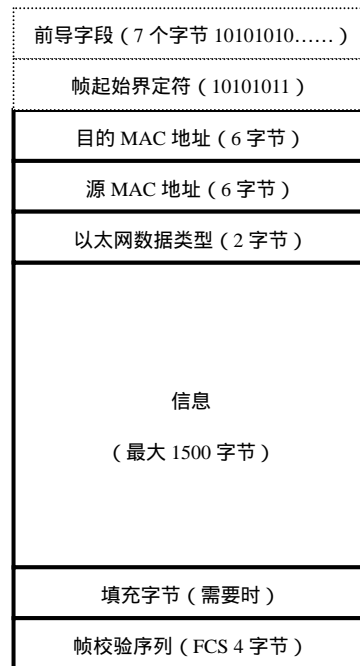
以太网的基础知识几乎涉及网络平台的绝大多数底层技术。从多年的设计经验来看,正确的理解以太网的 MAC 帧结构和相互连接、传输机制,就能在接触这种大型扩声工程之前全面、细致的作好每个环节的工作,以确保后期的调试工作顺利地完成。作为工程设计人员,决不能在网络音响的设计中保留旧的模拟线路的思想,因为模拟设备只须考虑接口而不必考虑协议问题,而现在的网络系统接口简单了(只有 RJ45 的水晶头),但协议的问题却出来了,这边发射了信号,对方却不一定收到;有时侯即使收到了也不能正确的还原。这些协议是看不见摸不着的,而且是固化到接口中又不让我们随便更改的,所以我们必须在设计之前就必须考虑到它可能出现的种种问题和相应对策,才能做到万无一失。

注意:在本文中出现“ ”的地方是为具有一定网络技术基础的读者参考的,初学者可以不必深入研究它。

六、以太网与 CobraNet 的数据帧结构

前面我们谈到了国际标准化组织 ISO (International Organization for Standardization) 制订的网络互联模型 OSI (Open System Interface Reference Model) 中,以太网帧结构归属于数据层,而我们关心的 CobraNet 也是面向这个层面的协议。数据层是属于低层的通信协议,所以 CobraNet 是无法穿透到网络层的,这就意味着 CobraNet 会被路由器隔断在局域网内部,而无法进入到互联网 (Internet) 上去。

在以太网构建的局域网中,MAC 帧则是最大的一个数据包了,其它所有的同步或非同步信息都是包含在这个数据包中进行传输的,图一表示的是标准以太网 (即 DIX 格式) MAC 帧的格式。



图一 MAC 帧格式

上图中实线框内表示的就是 MAC 帧的全部 1518 个字节（每个字节是 8 位，也叫 8 bit）的分派。在以太网创建之初就规定了每个帧的最大长度（1518 字节）和最小长度（64 个字节），所以任何的有效 MAC 帧长度必须在这个范围内。图一上面的虚线表示在 MAC 帧发送之前，物理层封装上去的称作前导字段（连续 7 个 10101010）和起始界定符（10101011）共 8 个字节。这 8 个字节是要提醒网络内的所有接收器——现在开始传送新的 MAC 帧了。

接下来就该传送 MAC 帧所要发往的目标地址，以及发送方的源地址各 6 字节的信息了。由于 MAC 地址在网络中是全球唯一的，这就意味着全世界的所有网卡都不能有相同的 MAC 地址编号。国际上负责分配 MAC 地址编号的组织是 IEEE（Institute of Electrical and Electronics Engineers），他们负责给每位申请者分配一个称为“机构唯一标志符”（OUI）的三字节地址前缀。例如 Inter 公司的 OUI 是 X'00-90-27（注：X'表示后面的数字是十六进制），而我们关心 CobraNet 的版权公司 PeakAudio 的 OUI 是 X'00-60-2B（请在 <http://standards.ieee.org/regauth/oui/oui.txt> 上查询），IEEE 分配给各公司前 3 个字节的 MAC 地址，而后面的 3 个字节的地址则由获得 OUI 的公司自行分配。所以我们所看到的所有具有 CobraNet 接口的设备，它的 MAC 地址前三位一定是 X'00-60-2B。

MAC 帧的第三部分是以太网的协议问题，也称为以太网类型（EtherType），也就是当一个网卡按照 MAC 地址接收到了一系列数据包，那么它是依据什么来

判断这个数据包是 CobraNet 数据包,而不是其它类型的数据包呢?这两个字节就包含了以太网类型的全部的信息。按照 IEEE 的命名,将世界上所有开发以太网协议的公司按照申请的顺序进行命名排列,CobraNet 的 EtherType 为 X'88-19 而因特网(Internet)的 EtherType 是 X'08-01。所以当网卡按照“收信地址”收到一个以太网帧以后,就可以通过 MAC 报头第 13、14 帧的内容判断出这个数据包应该交给哪个处理模块进行处理。例如当网卡发现以太网类型是 X'88-19 时,就将这个数据包转交给 CobraNet Core 进行处理;如果是 X'08-00 则网卡将这个数据包交给上层(网络层)按 IP 数据报进行处理等等。

MAC 帧报头数据完成以后,接下来的最大 1500 字节的数据就交给网络类型协议对应的处理模块进行处理。

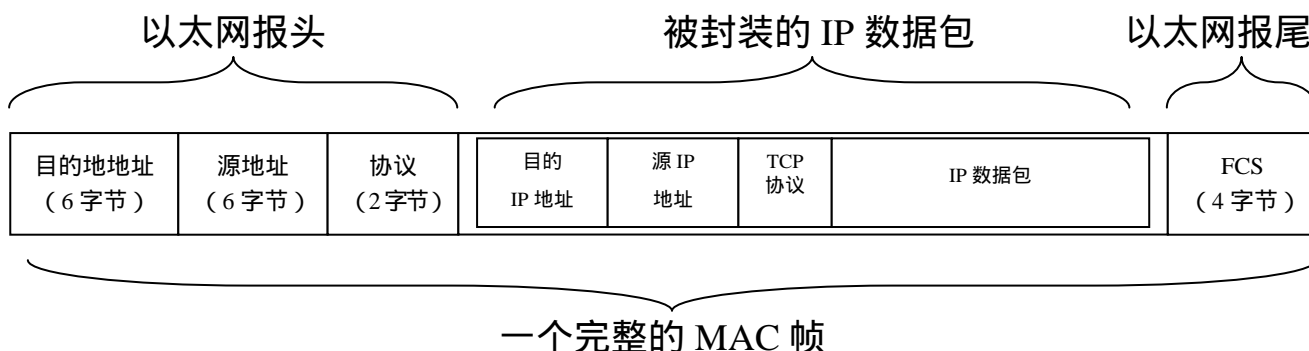
在每个 MAC 帧的最后还有 4 个字节的帧校验序列 FCS (Frame Check Sequence),负责检查整个 MAC 帧的数据的准确性。这个检查是非常必要的,对于整个数据帧,1bit 的错误信息就有 99.9%的概率被检测出来。而对于这些错误,更高级的协议(如 TCP)甚至可以要求源服务器重发这个帧。当然这种重发对于象 CobraNet 这样的同步传输的 MAC 帧来说是没有意义的。这样数据层就完成了完整 MAC 帧的传输工作,准备接收下一个帧。

一个 MAC 帧的结构也可以表示为下图:

目的地地址 (6 字节)	源地址 (6 字节)	协议 (2 字节)	数据 (46 —1500 字节)	FCS (4 字节)
-----------------	---------------	--------------	---------------------	---------------

图二 MAC 帧结构

需要注意的是 MAC 帧只是完成了数据层(OSI 第二层)协议的工作,当数据传输到目的地以后,MAC 帧就已经被打开,而只将上图中“数据”这个部分传输到上层协议中,上层协议(或处理单元)还要继续分析这个数据包。假设图二表示的数据包是为因特网服务的(也就是协议字节为 X'08-01),那么这个“数据”块中还包含目的地地址(IP 地址)、源地址(IP 地址)、协议(TCP 协议)和数据等数据。这样看起来就象一个大的数据包包含着一个小的数据包一样,我们管这个过程叫“封装”。如图三:



图三 IP 数据包在 MAC 帧中的封装

从这个例子我们可以看出，网络数据按照各自的功能，由各层的处理模块完成。高层协议数据包在底层数据包中封装，而不能相互“越权”处理。前面我们提到的 CobraNet 的以太网类型编号是 X'88-19，这样它的 MAC 帧从数据层开始就被 CobraNet 解码器处理而不可能再进入到网络层（IP 协议所在的层）。

前面我们假设的 MAC 帧中包含的是因特网数据，那么我们关心的 CobraNet 数据又是怎样的一个数据结构呢？

CobraNet 数据包也类似于图三那样被“封装”在 MAC 帧中，但是由于 MAC 帧中标注的协议类型是 X'88-19，所以这个数据包不会再向高层传送而直接被送到了 CobraNet 的同步解码器（我们称为 CobraNet Core）。在同步解码器中识别的 CobraNet 数据包根据 CobraNet 的报头信息协议还要再分为三种类型：Beat 数据包协议、预约数据包协议和音频数据包协议。下面我们分别加以介绍：

1、Beat 数据包。见图四。



图四 Beat 数据包结构

这个数据包是由网络中唯一的 Conductor 发出的(有关 Conductor 的作用和形成在下期中讨论)。一个数据包大约 100 个字节，每秒钟发送 750 次，总共占用大约 1M 的带宽。目的是在整个网络中建立起一个同步的“时钟节奏”，这样才能保证全网络中的 CobraNet 设备在一个“步调”上传送。

使用 Conductor 发送网络同步传输信息是基于两个方面的目的，第一是由于 100Mbit/s 的以太网仍然保留了 CSMA/CD 的传输机制来防止发生冲突，CobraNet 通过 O-Persistent 机制抑制了它以后，为了避免发生冲突而采用了类似“令牌网”的手段而引入了这个 Beat 数据包；第二个原因就是以太网本身是一个非同步传输网络（我们熟悉的同步传输技术包括 IEEE1394 或者 USB 通信协议），所以是没有网络基准时钟的，这对于音频这种同步信号来说是无法传输的。

以太网报头目的地址是以 X'01-60-2B 开始的，和我们前面提到的 PeakAudio 的 OUI 在第二个字节上有差别，这里的第二个字节最低有效位是“1”而不是“0”说明 Beat 数据包是“组播”信息而不是“单播”信息。

图四中的许可传送机列表就是指网络中所有的 Bundle 发送器(如媒体矩阵的 CAB8i 或 CAB16i 等)。这样网络中的所有传送器接收到这个数据包后 , 依据传送列表中被分配的传送顺序开始传送音频数据。

2、 预约数据包。见图五。

以太网报头 (目的地 01-60-2b-ff-ff-01 协议 8819)	CobraNet 报头 (预约包)	网络性能 报告	IP 地 址	转发预约列表 (传送机请求)	反向预约列表 (接收机请求)	以太网 报尾 (CRC)
--	---------------------------	------------	--------------	---------------------	---------------------	----------------------

图五 预约数据包结构

预约数据包是网络内所有的 CobraNet 设备向外定期 (一秒钟一个设备发一次) 发送的组播数据包 , 每个包包含 100 字节的数据量 , 总共约占用 10k 左右的带宽。这个数据包的作用有两个 , 一是每个 CobraNet 设备 (无论是发送机还是接收机) 定期向 Conductor 发出预约传送 (或接收) 请求 , 并等待批准 ; 二是定期向网络公布自己的 CobraNet 优先级和 IP 地址。

公布 CobraNet 优先级的目的是 : 全部 CobraNet 设备的优先顺序必须在网络中时刻进行排队 , 这样当网络中突然失去 Conductor (比如断电) 的时候 , 排在后面的 CobraNet 设备立刻充当 Conductor 的角色。

这里提到公布 IP 地址可能令人费解 , 我们在前面不是一再强调 CobraNet 设备是不能进入到网络层参与 IP 协议么 ? 事实上我们每一个 CobraNet 设备在开机的时候都会动态的得到一个 IP 地址 , 这个 IP 地址不是为 CobraNet 信息本身服务的 , 而是为其它非同步信息的高级管理软件使用的 (如 PeakAudio 开发的 Discovery 、 CobraCAD 等上层管理软件)。

3、 音频数据包。见图六。

以太网报头 (协议 8819)	CobraNet 报头 (音频数 据)	Bundle 号码和 当前时间	第一通道数据格式 和 PCM 音频数据	第二通道数据格式 和 PCM 音频数据	以太网 报尾 (CRC)
----------------------	--------------------------------	--------------------	------------------------	------------------------	----------------------

图六 音频数据包结构

当传送机的传送请求得到批准以后 , 开始向目的地址发送同步音频数据。这个目的地址可以是一个 (单播) , 也可以是多个 (组播) , 区分的依据就是按 Bundle 号码 (有关 Bundle 的相关信息在下期解释) : 1-255 的 Bundle 号码表示的是组播地址 , 此时该数据包的以太网报头目的地 MAC 地址以 X'01-60-2B 开始 , 256-65279 之间的 Bundle 号码则表示单播地址 , 此时该数据包的以太网报头目的地 MAC 地址以 X'00-60-2B 开始。

音频数据包数据在整个 CobraNet 数据中占据了绝大多数 , 一个包大约包含了

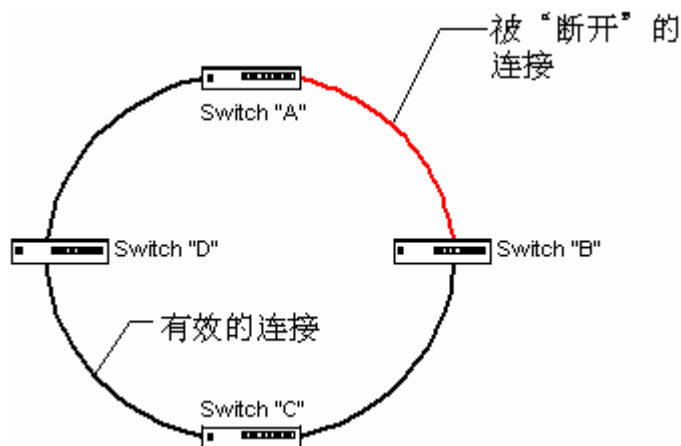
1280 个字节的数据，加之其它报头和报尾数据，一个 Bundle（在 48kHz、20bit 采样率下，每个 Bundle 包含 8 个 PCM 音频数据通道）大约要消耗 8M 的带宽。

七、大容量数据与 CobraNet 网络优化

通过前面对 CobraNet 的 MAC 数据包的介绍，我们知道 CobraNet 的三个数据包满负荷工作时会给网络设备带来相当大的压力，当系统中大数据量达到极限的时候（总发送 Bundle 数量大于 8），必须对网络设备进行优化。下面讲述 3 种 CobraNet 网络优化的设计方法。

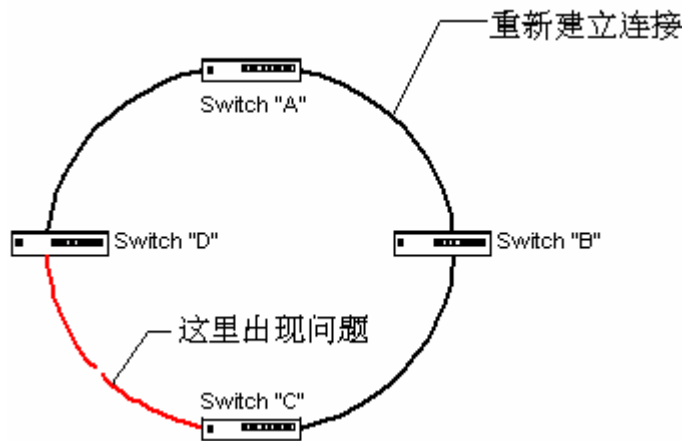
1、生成树协议（Spanning Tree）即 IEEE802.1d，这个协议虽然不能增加网络流量，但是可以为网络增加“备份”功能，当一条主干线出现故障的时候，该协议会自动生成另外的“树枝”来取代损坏的链路，这对于大系统来说是非常重要的。

通常我们是不能把 CobraNet 网络连接成“环状”结构的，不论是 HUB 网络（中继式）还是 Switch 网络（交换式）。在 HUB 中，由于所有的数据都是“分发”到其它端口的，如果将 HUB 连接成“环状”，势必会在 HUB 之间形成循环数据而中断其它数据的交换，这是 HUB 网络自身的问题，是无法克服的，但是在 Switch 网络中是不是就不会出现这种现象呢？不是的，我们已经知道了在 CobraNet 中存在的 Beat 数据协议包和预约数据包，这两个数据包是以“广播”形式分发到每个端口的，如果采用通常的交换机技术，则这些数据包就会在“环形”网络中形成自循环，导致“广播风暴（Broadcast storm）”。不过当你选用的网络交换机支持生成树协议（Spanning Tree）时，该协议会自行断开环形连接，如图七：



图七 支持生成树协议的交换机会自动建立单向连接

当连接链路出现问题的时候，生成数协议会自动建立新的连接，但是新连接不会立刻生效，一般在 30 秒内系统会恢复通信。如图八：

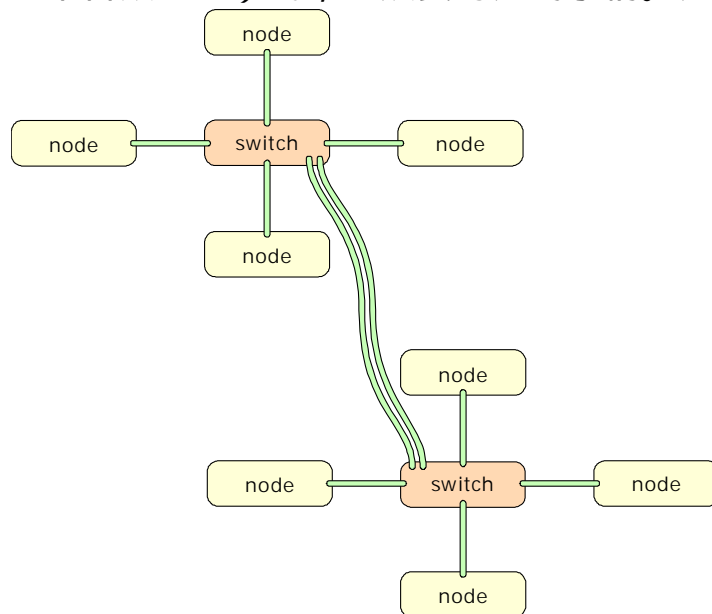


图八 生成树协议对网络的自动修复特性

生成树协议 IEEE802.1d 并非所有的交换机都支持,但一般国际名牌的交换机(如 Cisco、3Com、HP 等)大部分型号都支持这个协议。所以国内的工程商如果在架构“环形冗余”交换式以太网时,购买交换机一定要确定它是支持 IEEE802.1d 协议的。

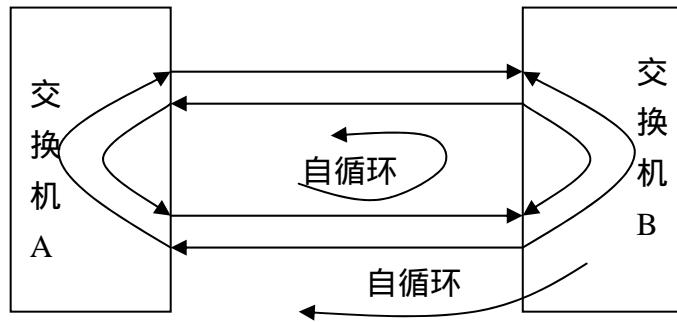
2、链路聚合(Link Aggregation),或称干线生成协议 IEEE802.3ad

这个协议对于在 100M 交换式以太网的设计中,当 CobraNet 信号在单方向大于 8 个 Bundle(即 64 个音频通道)时,必须要考虑的事情。如图九:



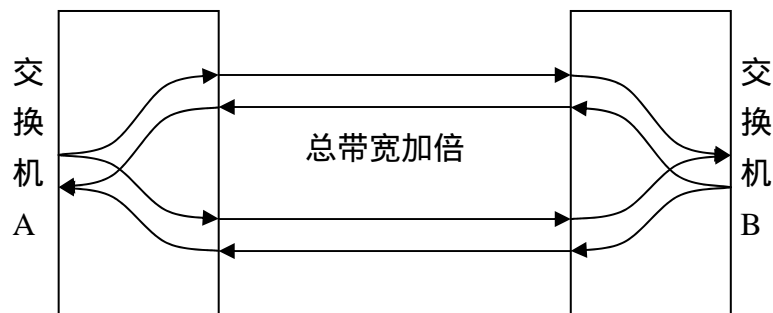
图九 干线上交换机要支持链路聚合协议

上图表示的两台交换机之间要传递超过 8 个 Bundle 时,必须采用两条双绞线连接这两个交换机,此时交换机必须支持 IEEE802.3ad 协议,即链路聚合。否则 CobraNet 信号会在两台交换机之间形成“自激循环(Loop)”,如图十:



图十 普通交换机连接出现的自激循环

当两台交换机同时支持 IEEE802.3ad 协议时，它们就会平均分配数据流量，使得交换机与交换机之间的带宽成倍增加，如图十一：

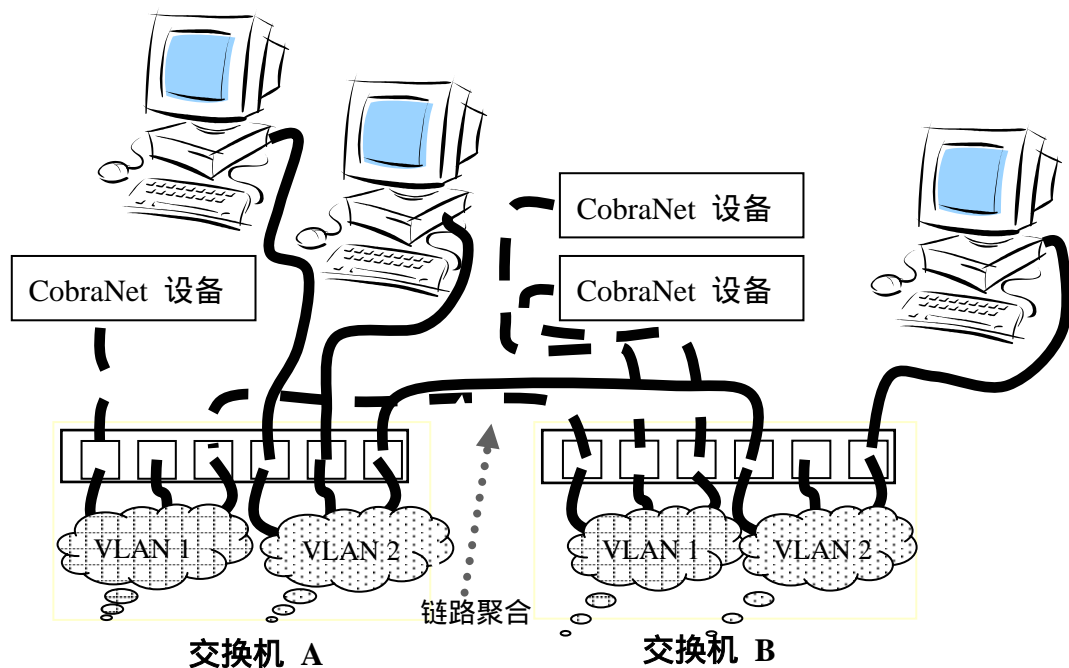


图十一 链路聚合协议使干线带宽加倍

这种连接方法，为工程人员设计高于 8 个 Bundle 的 CobraNet 信号通道提供了可能。但是这个协议也和上面的生成树协议一样，是 IEEE 对 100M 交换机厂商提出的一个可选功能，所以不是所有的交换机都支持。在选购交换机的时候必须引起注意。通常，这个功能是和 VLAN 一起被应用到局域网当中的。

3、 VLAN 的应用（IEEE802.1q）

VLAN（Virtual Local Area Network）即虚拟局域网技术，是指在一个制定的交换式以太网中，从新建立若干个“子网”，子网之间是不能相互通信的，但是从物理结构上说，它们却又同时存在在一个网络中，就象我们可以在一块物理硬盘上可以划分几个“逻辑分区”的意思是一样的。那么如何将 VLAN 技术应用到 CobraNet 中呢？在很多的实际工程中，并非单独为 CobraNet 划分了独立的以太网，但是如果我们将 CobraNet 和其它数据 PC 放置到一起，则会出现争抢带宽的现象，当大数据量到来时，要么 PC 机得不到带宽，要么 CobraNet 丢失数据包。这时我们就可以借助 VLAN 技术将交换机进行子网划分，把 CobraNet 独立出来使用，这样就解决了网络资源占用的问题。如图十二：



图十二 VLAN 在 CobraNet 系统中的连接

使用这种技术连接的以太网提供了在一个网络下面传输不同信号的方法。这种连接方法看似和分开的两个物理网络是一样的，但是实际上 VLAN 还有一个重要的优势就是某些端口是可以同时出现在两个子网的 MAC 地址列表上的，这就意味着网络上的某台授权的 PC 机不但可以进行通常的 PC 通信，还可以远程管理网络（SNMP）遥控 CobraNet 设备（如 MediaMatrix 主机）等。同样，VLAN 同样是交换机的一个可选功能，并非所有的交换机都支持，设计师在使用前必须确认。当购买了支持可管理的 VLAN 交换机以后，就可以通过交换机的 COM 口分配每个端口的 MAC 地址列表，进而将 CobraNet 和其它数据区分开来。

另外从上面的图可以看到，交换机在支持 VLAN 协议 IEEE802.1q 的同时，一般也同时支持 IEEE802.3ad 协议，这样就在网络上扩展并管理了用户的有效带宽。

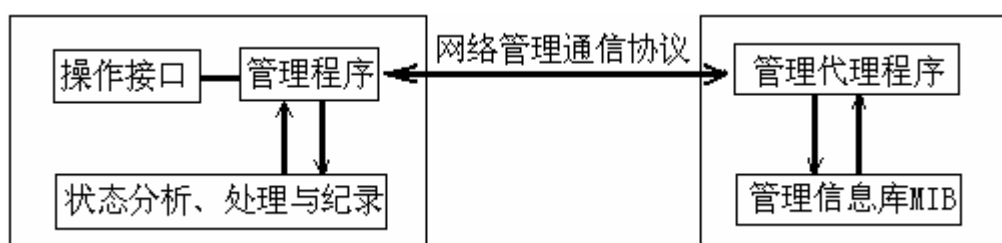
值得注意的是由于 VLAN 协议的管理方式还没有形成国际标准，所以不同厂家生产的交换机之间可能无法生成共享 VLAN 列表，这是很麻烦的事情，所以目前还必须在多点使用同一的厂家的交换机才能进行良好的数据通信。

目前支持 VLAN 的交换机有支持基于端口的虚拟网和基于 MAC 地址的虚拟网等技术，我们这里提到的 VLAN 都是指基于 MAC 地址的以太网交换机。

八、简单网络管理协议 SNMP。我们首先要解释一下为什么要进行网络管理，一般来说网络上的计算机虽然是可以相互通信的，但是通信效率和通信安全基本上只能是“自顾自”的，这对于那些大信息量通信和高风险性的计算机网络来说无异于“危机重重”。为了尽量降低这些风险，就必须提出一套高效而简单的网络

管理方案来。随着 Internet 的高速发展，TCP/IP 在全世界迅速流行起来，同时针对网络效率和安全两方面的解决方案也开始兴起，其中有我们非常熟悉的、针对 TCP/IP 协议的 Ping 程序，就是一个初期的网络管理程序。但随着网络的复杂化和多元化的发展，Ping 所能返回的信息量无法反映被管理设备的更多的详细情况，而且对于多个设备的大系统来说，Ping 要逐一进行检查，效率非常低下。正是在这种背景下出现了专门用于 TCP/IP 的网络管理标准——简单网络管理协议即 SNMP，尽管这只是一个过渡性标准（这是指相对于 OSI 全面但复杂的网络管理标准 CMIS/CMIP 而言的），但是由于它支持全世界最流行的 TCP/IP，而无论是哪个厂家生产的设备，或运行于哪种操作系统，只要支持 TCP/IP 就都可以运行，这也是 SNMP 能得以迅速发展的关键之一。

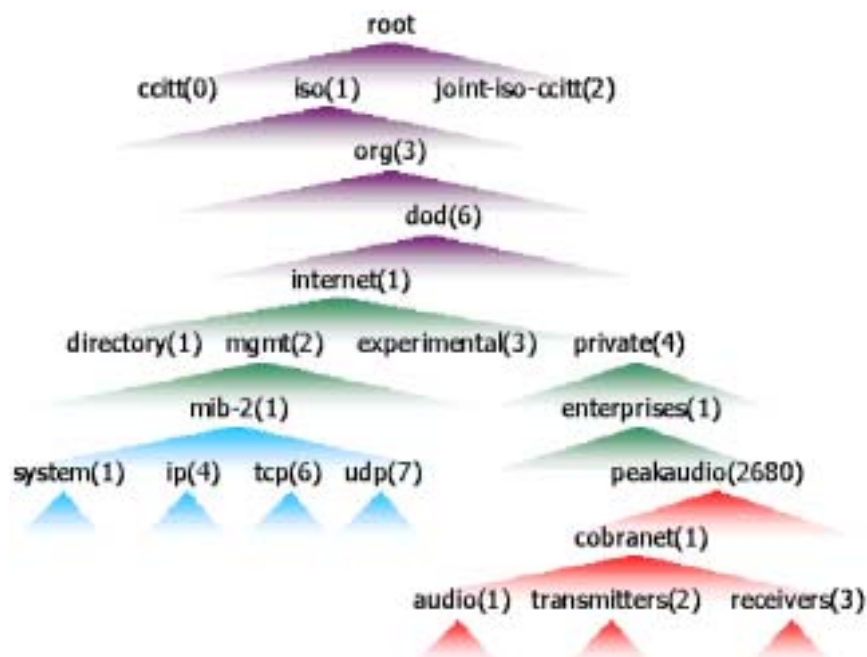
提到管理，就必须有“管”和“被管”的区别，所以从主从的关系上被划分为“管理站”（Management Station）以及被管理设备（Managed Device）。这只是对两方进行了命名，在 SNMP 实际操作中主要有四个元件：管理程序（Manager）、管理代理程序（Management Agent）、网络管理通信协议（Network Management Protocol）和管理信息库（Management Information Base 即 MIB）。其中“管理程序”存在于网络管理员的“管理站”计算机上，“管理代理程序”和“管理信息库 MIB”则存在于“被管理设备”上。受管理设备会将目前的运行状态存入“管理信息库 MIB”内随时准备接受管理或向管理站提交问题报告；而“管理站”则通过网络管理通信协议“指挥”管理代理程序去访问管理信息库 MIB 上的信息，如图一。



图一 SNMP 运作结构

尽管 SNMP 定义了网络管理的运作结构和管理及代理程序的基本访问指令，但是并没有制定网络管理设备的 MIB 种必须有哪些被管理项目，所以给网络管理带来了很大的灵活空间，不同的厂家认为需要管理的项目会添加到 MIB 中，而不重要的或者无须管理的项目则可以隐蔽，这样可以节省管理的数据量，而不会因为增加了网络管理而使网络变的的更加复杂和低效。管理信息库 MIB 中包含了被管理设备的数据结构和变量，为了便于管理器的访问和日后功能的扩展，MIB 采用了类似于 DNS 的“树形”结构，按照命名机构和用途的不同从“树根”开始逐步向“树叶”发展，而具体的每个被管理的项目就是一个树叶，我们把这个结构称作“对象命名树”（Object Naming Tree），而每一个“树叶”就叫“目标标识符”（Object

Identifier) 简称 OID。例如我们要在管理一远端查找一台使用 CobraNet 传输信号的媒体矩阵接口箱 CAB8i, 通过在线查找我们知道这台 CAB8i 传送机的 OID 为: 1.3.6.1.4.1.2680.1.2 如图二:



(图二) 对象命名树结构以及 OID 的查找

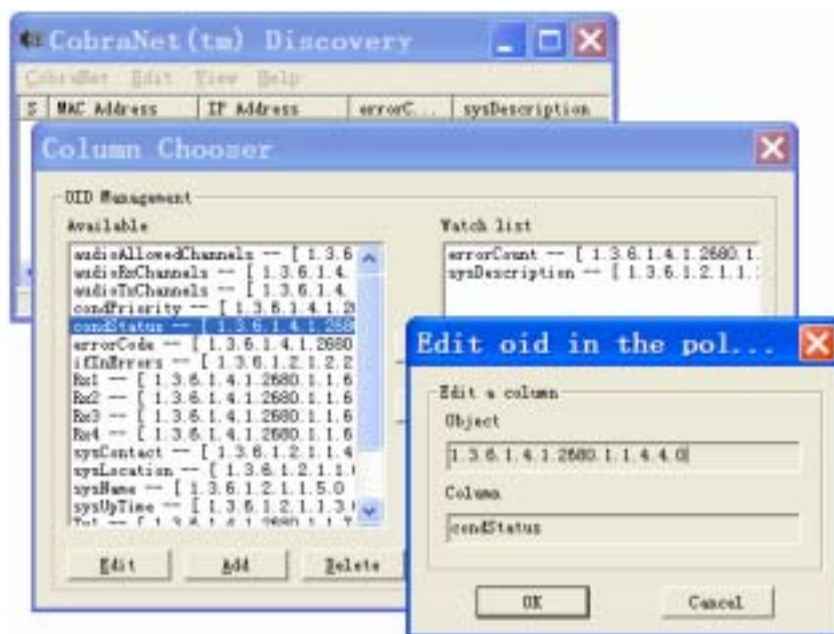
这个图也许乍看起来不好理解, 其实这只是对象命名树的一个小小的分支, 全部的树是不可能画出来的, 这个树是没有“根”的, 最高一层就是 CCITT (记为数字 0, CCITT 现在更名为 ITU-T) \ ISO (记为数字 1) 以及两个组织的合并 Joint iso ccitt (记为数字 2)。我们常用的 OID 一般都是在 ISO 名称下的第三个分支 org (也就是政府组织, 记为数字 3) 下的 dod (美国国防部, 记为数字 6), 所以我们以后见到的很多 MIB 数据库中的被管理项目的 OID 都是以 1.3.6.....开头的, 当然 CobraNet 也不例外。

当然这个数字不可能是企业自己命名的, 而是必须向 IANA (Internet Assigned Numbers Authority) 申请才能获得的 (就象我们现在要申请一个公司的网站一样, 必须向互联网注册管理机构申请并交纳费用才能合法的使用)。PeakAudio 向 IANA 申请的企业 OID 就是 1.3.6.1.4.1.2680, 这些参数都是公开的, 有兴趣的读者可以自行在 www.iana.org 上查找。此时 2680 以后的分支 (树叶) PeakAudio 就可以自己定义并使用了, 例如它给 CobraNet 命名为 “1”, 然后再给 CobraNet 低下的传送机 transmitters 命名为 “2” 等等, 所以才出来图二上面提到的 CAB8i 的 OID 为 1.3.6.1.4.1.2680.1.2 的道理。此时这个树还没有结束, CAB8i 下面依然还有很多的被管理参数要定义名称, 所以这棵树还要“继续生长”。这也就是为什么要采用“对象命名树”这种结构来管理网络了, 它的最大好处就是可以不挺

的发展还能保证向上的兼容性。

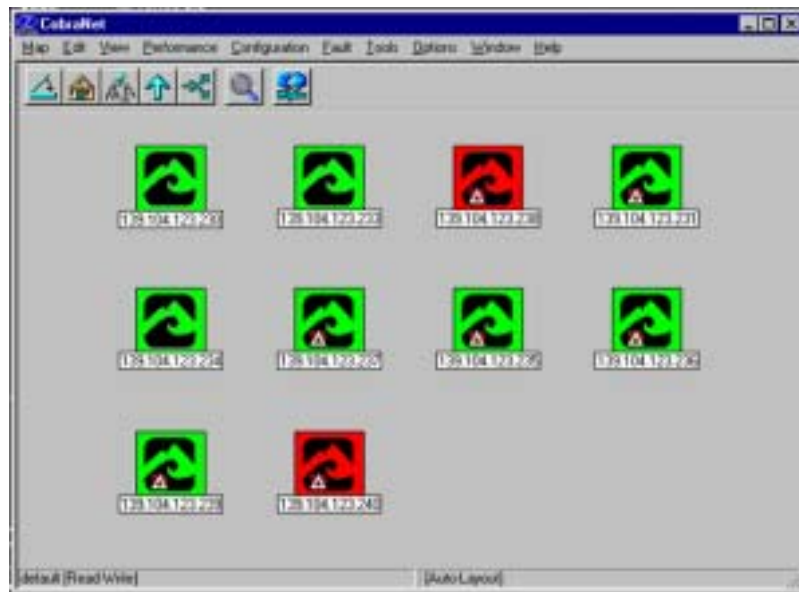
举例我们要从远端的管理电脑通过 SNMP 察看某个 CobraNet 网络的 Conductor 优先级的排列，我们必须查找到这个优先级的 OID 是多少，在 Peakaudio 的网站上我们得到了它的 OID 为 1.3.6.1.4.1.2680.1.1.4.2.0。

PeakAudio 有一套自己的基于 Windows 开发的 SNMP 管理程序称为“Discovery”，而任何一个 CobraNet 器件（例如媒体矩阵的 CAB160）都固化了相应的代理程序，所以我们可以在一台普通的 Windows PC 机上运行“Discovery”程序来对网络上存在的每一台 CobraNet 设备进行监控（这个程序用户可以在www.peakaudio.com/download上免费下载）如图三。当然我们也可以自行开发一些 SNMP 程序，需要 CobraNet 的 MIB 依然可以在 PeakAudio 的主页下载中心下载，它是完全免费的。



（图三）Dicoverly 软件界面

使用 SNMP 管理网络，有两种主要的模式，一个是“轮询”一个是“事件”。所谓轮训就是 SNMP 管理进程定时向被管理设备周期的发送轮询信息，以获得被管理端的当前信息。设定周期时间比较重要，周期过短，网络的数据开销过大；而周期过长又不能准确地反映被管理设备的情况。在 CobraNet 系统的管理上，它的好处是比较多的，轮训可以随时知道网络上全部 CobraNet 设备的基本运行状态，出现故障会自动改变颜色甚至发出报警信号。如图四。



(图四) SNMP 的轮询

“事件”或称作“陷阱 trap”，是当被管理设备出现严重事情时提出的一种“中断”，并将“事件”及时报告给网络管理器，它的字节数很少，作为对“轮询”的补充有效地提高了 SNMP 的性能。基于稳定性的考虑，SNMP 的管理服务器多使用 Unix 作为系统支持，其效率 and 安全性明显高于 Windows 平台。如媒体矩阵的大型寻呼管理系统 ControlMatrix 都是在 Unix 系统下建立的。

九、Conductor 的作用与产生。上期中我们没有完全说明白 Conductor 到底在这个系统中起一个什么样的角色呢？其实它就是充当一个系统‘总指挥’的作用。我们知道以太网原本的设计就不是一个同步传输系统，各个节点之间是没有优先级的，同一时间大家都有可能向网上传递数据而造成“冲突”，此时冲突的数据包在等待“随机退却”以后继续重发……，这样的传输对于实时同步信号来说是不能接受的。对于这种情况解决的比较完整就是 IBM 开发的“令牌网”结构，不论采用的是“令牌总线网”还是“令牌环网”，都是采用了传递“令牌”的方式决定谁能发送、谁能接收数据的权利，这就避免了以太网的“冲突”问题，而且还容易划分出终端设备的优先级。但是“令牌网”依然不是一个同步传输网络，因为它在相同优先级的设备中谁来发送信息是随机的，这在同步传输中还是不能允许，否则某些通道的声音可能因为“抢”不到令牌而出现声音断续的情况。此时就必须要求网络中存在一个“裁判”，它按照各设备请求发送时间的顺序来判断谁现在可以发送，谁现在可以接收，下一个允许发送的设备是谁等等。在 CobraNet 中这个“裁判”或者叫“总指挥”就是 Conductor，也就是说 CobraNet 的传输是移植了部分令牌网的理念，再加上同步信号传递的特点，才能真正实现在以太网中传输实时信号的愿望。

一个系统中的所有 CobraNet 设备都有一个事先固化好的 Conductor 优先级参

数，在连接到大系统上以后，他们都会自动向网络上其它 CobraNet 设备通报各自的优先级参数，各设备在经过比较之后，优先级最大的一台设备就自动成为了 Conductor。在上期我们讲到了一种叫做“预约数据包”的以太网帧，它是由除去 Conductor 以外的其它 CobraNet 每秒种发出的一个数据包，这个数据包中除了含有预约请求信息以外，依然包含一个自己的 Conductor 优先级的信息，并向整个网络广播。为什么已经推选出“领导”了，其它的设备还要发布优先级信息呢？这是为了避免目前的 Conductor 突然离开网络（如断电）时，整个系统没有“总指挥”了。此时原来排在第二优先级的 CobraNet 就自动成为了 Conductor。如果存在相同优先级的情况下，那就看谁发布的优先级快了。总之一个大系统中只能有一个 Conductor。

十、关于 BuddyLink。

BuddyLink 是 CobraNet 设备的一种自动备份机制，是系统的冗余（Redundancy）设计。当系统中的一对 CobraNet 发射机（或接收）机处于 BuddyLink 状态下时，它们必须具有相同的 Bundle 发送请求（或相同 Bundle 接收请求），这样当主发射机（或接收机）出现问题的时候，备用发射机（或接收机）会自动被激活并被 Conductor 所承认，开始继续传送信号。注意在 MediaMatrix 中，MWare 也有 BuddyLink 功能，这和 CobraNet 的自动备份原理是完全不同的，它是通过 RS232 端口来识别备份转换的。但是它又必须是和 CobraNet 搭配工作才有实际意义，所以 MediaMatrix 的 BuddyLink 功能必须是使用网络搭建的系统下才能发挥用途，而使用 BOB 接口箱的矩阵系统是不能使用 BuddyLink 进行备份的。

十一、使用光纤传输 CobraNet 必须注意的重要问题。在 CobraNet 的网络设计中，一定不能使用 Switch 加 HUB 的网络结构，这样会使 Conductor 和终端设备出现通讯不畅，而 Conductor 还不能发现这样的问题。而我们通常使用的光端转换器（一边是 RJ45 插头，另一边是光纤接口）通常都不支持自动协商（Auto-Negotiation：IEEE802.3u）功能，所以两端的 CobraNet 设备其实根本就“看不见”，此时出现声音断断续续的情况就不奇怪了。

十二、名词解释：

Auto-Negotiation：是 IEEE 制定的一种网络设备通信协议，通过这个协议网络设备和接口卡之间能自动识别对方的通信能力：10/100/1000Mbit 以及 Half/Full Duplex

Beat Packet：是 CobraNet 协议的三种类型通信包之一，由 Conductor 定时发送，主要用来确定同步时钟以及被批准发送同步信号的设备列表

Bundle：是 CobraNet 同步数据信号的最小通信单位，包含同步音频数据信息。可以携带 48kHz 和 96kHz 两种采样频率以及 16bit、20bit 和 24bit 三种分辨率的音频信号。在默认的 48kHz 20bit 信号下，每个 Bundle 可以携带 8 个音频通

道

Broadcast Mode :广播方式。是 Bundle 目的地址的一种发送形式，当 Bundle 号码被设定在 1-255 之间的时候，被认为是广播方式

CobraNet：一种专业实时音频传输方案，版权在美国 Peak Audio 公司。详细资料可以访问 www.peakaudio.com

Collisions：是指网络传输中不同设备发出的信号在公共链路上发生碰撞

Conductor 是 CobraNet 的网络管理器，一个 CobraNet 网络中只能有一个 Conductor 存在。每个 CobraNet 设备都有自己的优先级，网络中优先级最高的那个 CobraNet 设备就充当 Conductor 的角色

CSMA/CD：带冲突检测的载波监听和多路访问技术，是 IEEE802.3 以太网的技术核心，在 CobraNet 技术下，该协议被屏蔽

FIFO：先进先出原则。指在 Switch 以太网下，不同端口同时访问同一个端口时，那些数据在交换机的缓存里面排队，先到达的数据优先发出

HUB：网络集线器，只能组成共享带宽的以太网，通常为半双工通信，工作在物理层。

Isochronous Data Packet：同步数据包，是 CobraNet 中唯一携带音频数据的信息包

MAC：媒体访问控制，是 OSI 模型中数据层协议的一个子层

MIB：管理信息库，是 SNMP 的一个组成部分，它指出了网络中可以被管理的对象的数据结构。请参阅[RFC 1212]

Network Diameter：网络直径，是网络为避免冲突而要求的最大物理通信长度

O-Persistent：是 CobraNet 协议的核心，这种机制消除了 CSMA/CD 对数据通信的不确定性，为同步音频数据在以太网上传输提供了可能

PCM：脉冲编码调制，是应用最为广泛的一种数字编码形式，CD 唱片也是采用了这种无压缩的数据格式

Propagation Time：传播时间，是指 1bit 信号在网络中的来回时间，网络依据它来判断是否发生冲突，并决定自己是等待还是开始传送数据

Reservation Packet：是 CobraNet 三种数据包之一，由网络上每个 CobraNet 设备发送，主要是向 Conductor 提出发送申请或接收申请

SNMP：简单网络管理协议，是目前 Internet 上使用最为广泛的管理协议之一。请参阅[RFC 1155 1157]

Switch：交换式以太网的网络数据连接设备，工作在数据层。国外经常称之为 Switch HUB

Unicast Mode：是同步数据包的一种发送形式，由 CobraNet 发射机发射的音频数据只能被唯一的一个接收器所接收。使用的时候需要将 Bundle 号码设定在 256-65279 之间

Unix：一种计算机的操作系统，不同于 Windows 系统。由于 Unix 在网络安全和稳定性方面有着较强的优势，所以很多网络管理器依然使用 Unix。