

文章编号:1000-582x(2000)04-0138-04

138-141

IEEE802.14 数据传输的 MAC

付勇, 秦拯, 吴中福, 李华

(重庆大学网络中心, 重庆 400044)

摘要: 混合光纤/同轴电缆(HFC)网络由于原CATV接入的广普性和可用传输带宽高达1GHz,使其成为仅次于光纤到户的数据接入方式。由于HFC网络的一些固有特性,决定了数据通信中的特殊要求。IEEE802.14是用于协调HFC网络的前端和用户站点间数据通信的协议,具体包括物理层上实现通信的方式和媒体接入控制层(MAC)上通信规程的协调。深入研究802.14数据传输的MAC,对于开发出性能价格比优秀的前端控制器和用户电缆调制解调器都有着巨大的现实意义,也成为了尽快有效地实施HFC综合服务网络的关键。

关键词: 混合光纤; 同轴电缆; 数据传输; 媒体接入控制

中图分类号: TN 915.04

文献标识码: A

电视网
TN948.3

进入90年代以来,随着电信市场日益开放,竞争日趋激烈。为了迅速进入电信领域,有线电视公司以现有CATV网络为基础开发出了HFC网络,在用于传送原CATV业务外,还提供语音、数据和其它交互型业务。图1为基于HFC的数据传输服务系统示意图。

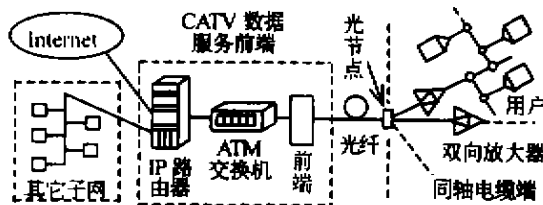


图1 HFC数据服务系统

IEEE802.14^[1,2]是IEEE组织制定的基于HFC接入网的数据通信的物理层(PHY)和媒体接入控制层(MAC)的协议。由于HFC在拓扑结构和频带使用等方面的特性,使得802.14协议的制定必须与这些特性因素相匹配,才能充分发挥出HFC数据传输能力。下面简述影响802.14协议的几点HFC特性^[3]:

1) 点到多点和多点到点传输:在下行传输为点到多点的树分支型逻辑通信方式,上行为多点到点的总线型逻辑通信方式;

2) 电缆端单元不能检测出碰撞:电缆端单元只监听下行传输,不进行碰撞检测,这一点与以太网网络适配器(网卡)能区分碰撞的发生是不同的;

3) 较大的传输延迟:HFC网络需接入的距离、范围比以太网和令牌网络都要大得多,在802.14协议中允许最大单向传输延迟为0.2ms,根据传输情况为0.005ms/km,所以802.14协议允许最大可构成距离为40km的HFC网络;

4) 不对称的上、下传输:频率范围为5~30/42MHz的25~37MHz带宽用于上行传输,频率范围为50/54~860MHz的800多MHz带宽用于下行传输;

5) 不统一的用户分布:各用户与前端的距离不等,且各小区的用户分布密度也不同。

从上面的几点特性因素可以看出,诸如用户端点与前端控制器同步以补偿传输延迟、上行传输通道共享中的碰撞解决、选择好的上行带宽管理方式以提高传输率和减小接入延迟等问题均是需要在媒体控制层中应被考虑进去。从普遍意义上讲,802.14数据传输的MAC是用于控制802.14网络的上、下行传输资源的分配问题。

802.14协议的下行传输采用频分复用的广播方式,上行传输采用频分复用下的多点共享带宽的总线竞争方式。下行的广播数据传输中,各站点通过过

收稿日期:1999-08-25

作者简介:付勇(1971-),男,贵州遵义人,重庆大学博士研究生。主要研究方向:综合业务网络。

与本站点地址相同的数据包来接收前端发给本端点的数据;而上行数据传输中,802.14 实行频分和时分复用两种方式来统计复用宝贵的上行频带资源。802.14 协议中规定,各站点的发送数据只有前端可以接收,站点之间不能直接接收相互发送的数据,即使同一网络中的两个站点要通信,也得由前端控制器充当 802.1 桥、网间路由器或 ATM 交换机。所以,对于各站点的频带和时隙分配由前端控制器统一进行。可以看出,802.14 中前端的 MAC 比较复杂和重要,用户端 MAC 相对简单明了。

笔者探讨 IEEE802.14 协议数据传输中 MAC 操作问题。描述新用户注册并且进入 802.14 协议网络的 MAC 过程;分析了用户端点在稳态下(即为 802.14 协议的合法的固定用户)的数据传输的 MAC,包括上、下行传输两部分。

1 新用户站点注册 802.14 协议网 MAC

图 2 为新用户站点注册并且最终进入 802.14 协

议网络的 MAC 过程的信息流图。

新用户站点注册,进入 802.14 协议网络的 MAC 过程为:由新用户站点 MAC 子层发出一个 TC-CONNECT.request 原语开始,传输会聚子层(TC)完成了用户站点与前端间的通道捕获、延迟调整、发射功率调整后,向用户送 TC-CONNECT.indication 原语,而前端的物理层/传输会聚子层(PHY/TC)也在与用户站点同步调整等过程完成后,向前端 MAC 发送 TC-NEW-STATION.indication 原语,前端控制器此时才能得到该用户的注册要求。前端在该用户站点进行完资源分配(包括获取 MAC 地址、分配本地 LID 号、安全密钥分配等)后向用户站点发送分配信息,用户站点在获得分配信息后保留分配信息并根据用户需要改变密钥,然后向前端发送已接收到分配信息的确认原语,并等待前端接收到确认原语后向该用户站点发送连接原语(CONNECT)。所有过程完成并且用户最终接收到 CONNECT 原语就意味着该新用户成为了此符合 802.14 协议的 HFC 网络中的合法成员。

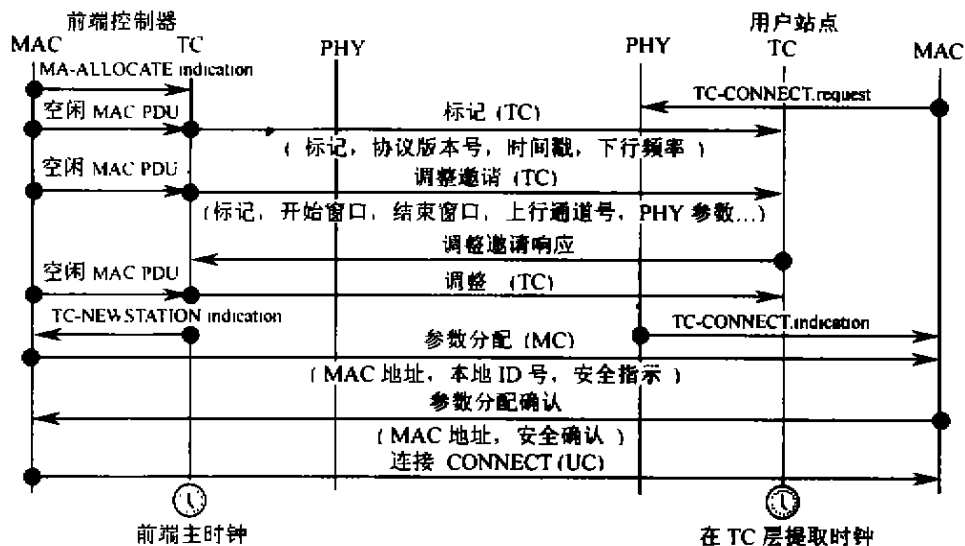


图 2 新用户站点注册,进入 802.14 协议网络的 MAC 过程信息流

上图中需说明的是:前端发出的调整邀请和前端与用户间的调整工作,主要是由两端的传输会聚子层(TC)完成的。所以,前端 MAC 层只需周期性的发出空闲 MAC PDU,TC 层便会自动地完成与调整相关的工作。

802.14 协议网络在前端保留(用户申请退出情况除外)有用户信息(如:MAC 地址、本地 LID 号等),在

用户端非掉电性的保留着前端分配的用户信息(如:MAC 地址、下行接收频率等)。所以,用户在每次掉电后重新进入 802.14 协议网络,前端和用户之间就能立即进行通信服务,而不需再进行注册。

2 稳态时数据传输的 MAC

2.1 下行传输

下行传输时前端控制器和用户站点间的 MAC 较简单。由于 HFC 网络的树形拓扑和较宽的下行频带, 所以下行传输采用广播方式。前端将用户发送的数据分割成 ATM Cell PDUs(APDUs), 每个 APDUs 都注明目的站点的本地 LID 号。用户站点方 MAC 不断地接收 APDUs, 将与自己的本地 LID 号相同的 APDUs 接收, 送给高层的数据通信进程。

下行传输只采用频分复用, 通道内用户站点分配很简单, 只需前端平衡各通道内的用户数, 将与每个用户间通信使用的下行频带信息在用户注册中分配给各个用户, 用户相应将接收频率解调到前端分配给它们的分配频率上, 下行传输就可以正确进行。可以看出, 这是一种静态的频分复用方式。

2.2 上行传输

由于上行频带资源比较宝贵, 802.14 除了进行频分复用外, 还进行时分复用。这样, 各用户动态竞争频带和时隙来发送自己的数据。频分复用将整个上行传输频带划分为多个传输子频带, 用户站点可以选择不同的子频带来进行数据发送。时分复用的时隙基本单位为 minislots。由于用户在 802.14 协议网络中要求数据服务的不确定性, 上行传输统计复用不固定给某用户分配资源(频带和时隙)。用户预传输数据时向前端发出资源分配的申请, 得到前端的资源分配后才能进行数据的传输。802.14 中的时隙分为申请时隙和数据时隙: 申请时隙用于用户向前端发送对所需资源的申请, 数据时隙用于用户的数据传输服务。

上行传输的 MAC 操作为: 多个用户复用前端控制器分配的几个申请时隙。在某用户传输数据到达时形成一传输实体(MAC 用户或逻辑队列), 传输实体在分配的申请时隙中随机的选择一个时隙来发送自己的申请数据包(Request PDU; RPDU)要求, 申请包括传输包类型, 需传输的数据量、本地传输实体(逻辑队列)标识。前端接收到该传输实体的申请后, 根据现行的资源状况对用户进行资源分配, 成功分配后将分配方案返回给此传输实体, 传输实体在所分配的资源(频带和数据时隙)中进行数据传输。传输结束后, 前端收回分配资源, 以供其它传输实体统计复用。

图 3 为单个传输实体在数据到达、发送 request 申请和接收到分配资源后进行数据传输的具体过程。图 4 为 802.14 协议网络中的多用户数据传输的 MAC 过程示意图。

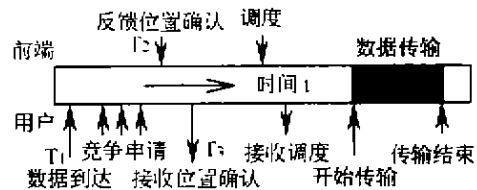


图 3 单个传输实体的数据到达、申请与数据传输过程

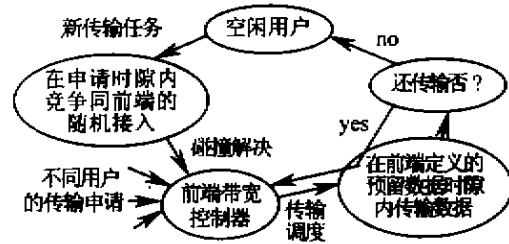


图 4 上行多用户数据传输的 MAC 过程

从上面的分析可以看出, 数据时隙是每个传输实体得到前端时隙分配后对固定时隙的使用, 是前端控制器统一进行调度后的结果, 所以不会出现传输碰撞(Collision)现象。而 802.14 协议中, 一组初始申请时隙(Request Minislots; RMSs)被分配用于用户初始申请竞争接入前端控制器, 初始申请时隙分配方案是多个站点复用一些申请时隙, 加之用户对数据传输的突发性。所以, RMS 存在三种状态: (1)在 RMS 内没有申请发送为空闲(IDLE)状态; (2)RMS 内只有一个 RPDU 发送为成功(SUCCESS)状态; (3)RMS 内出现两个或更多的 RPDU 的发送为碰撞(COLLISION)状态。在上行传输的 MAC 操作中, 前端必须能够处理碰撞现象, 使发生碰撞的申请能够尽快重新得到申请时隙分配并且重新提交申请, 使得前端最终对每个申请都能够进行响应。只要在一个 RMS 上出现碰撞, 前端控制器便重新分配一组 RMSs 给在原 RMS 中竞争发送 RPDU 的传输实体(这里简单认为用户), 用户随机地在这些 RMSs 中选择一个 RMS 来重新发送它的 RPDU。

在整个碰撞解决处理中, 前端控制器用申请队列号(Request Queue Number; RQ)来标记申请时隙的分配。RQ 值为 0 保留给第一次产生申请但还未发送 RPDU 的新用户, 大于 0 的 RQ 用于标记发生碰撞的用户。可以看出, RQ 用于将发生碰撞的所有用户(无论在哪个 RMS 内发生的碰撞 RPDU)划分为一些较小的组以便更加快速、有效地进行碰撞解决。RQ 值在 802.14 协议网络中具有唯一性, 并且处于 RQ 值大

的碰撞用户总是最先得到 RMSs 的分配以重新发送其 RPDUs,因此, RQ 为 0 的新用户总是最后被分配 RMSs。当所有分配了 RQ 值的用户在重新发送了它的 RPDUs 后(无论成功与否), RQ 值又重新由前端进行统一分配给新一轮的碰撞解决和新用户的接入。

为了尽快地解决碰撞 RPDUs 的重新传送, 802.14 要阻塞一些新用户对 RPDUs 的发送, 这一点是通过将新用户划分为传输子集和非传输子集来实现的。允许时间界限(Admission Time Boundary: ATB)用作区分两个子集的时间标准。新用户在其的第一个 RPDUs 产生时作一个时间记录(RPDUs Generation Time: RGT)。当: $RGT \leq ATB$ 时, 新用户属于传输子集; $RGT > ATB$ 时, 新用户属于非传输子集。ATB 随着传输的进行会不断地重新计算, 以使得在申请发送发生碰撞少时将更多的新用户划进传输子集; 而在碰撞较严重时阻塞更多的新用户发送 RPDUs, 减轻前端对 RPDUs 的处理负担。802.14 对 ATB 的计算式有很多研究, 并且同一网络可能由于不同的碰撞和新用户负担下采取不止一个 ATB 的计算式, 可见, ATB 计算方式的选择直接影响到对碰撞的解决效果和对新用户的响应快慢问题。

3 结语

802.14 中的数据传输的 MAC 是影响 HFC 网络

性能好坏的关键技术之一。802.14 MAC 系统地给出了一个遵从 802.14 协议的 HFC 网络的数据通信规程的协议, 主要包括新用户注册并成为合法用户和用户与前端控制器数据通信两个过程。由于上行频带少所以其 MAC 较为关键, 好的上行 MAC 能为更多的用户服务并且能有效控制用户接入和数据传输延迟, 所以 802.14 中关于上行传输的 MAC 研究最为深入, 也较以往接入方式更为复杂。802.14 MAC 综合地在 HFC 中分配着上、下行数据传输资源, 以达到充分发挥 HFC 高数据传输频带的潜力, 为未来 HFC 综合服务网络的深入推广铺平道路。

参考文献:

- [1] IEEE P 802.14 Working Group. IEEE P 802.14 Cable-TV Functional Requirement and Evaluation Criteria[S]. Document = IEEE802.14/94-002R2, 1995
- [2] IEEE P 802.14 Working Group. IEEE Project 802.14/a Draft Revision 1[S]. 1998
- [3] LIN Y D Allocation and Scheduling Algorithms for IEEE 802.14 and MCNS in Hybrid Fiber Coaxial Networks[J]. IEEE Transaction on Broadcasting, 1998, 44(4):427-434

MAC of IEEE802.14 Data Communication

FU Yong, QIN Zheng, WU Zhong-fu, LI Hua

(Computer Network Center of Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: Hybrid fiber/coaxial (HFC) networks is the best access method except fiber to the home (FTTH), for its popularity and good characteristic (bandwidth ≈ 1 GHz). The special requirement is determined by the intrinsic property of HFC. IEEE802.14 is the communication protocol between the Head-end and stations, including the communication method applied to the PHY sublayer and data communication protocol to the MAC sublayer. Therefore, it is very important to investigate the MAC protocol to develop Head-end Controller and Cable Modem, and it is one of the key techniques to realize the HFC full service networks.

Keywords: hybrid fiber; coaxial (HFC); data communication; media access control (MAC)

(责任编辑 吕赛英)