

基于 HFC 的 CDMA 系统初始化协议研究

李建新, 裴珂, 刘增基, 刘乃安

(西安电子科技大学综合业务网国家重点实验室, 西安 710071)

摘 要: 本文提出了一种新的基于同步 CDMA 传输的 HFC 网络初始化过程的接入协议. 通过和现有接入协议的比较, 本文提出的接入协议可使用户终端公平、有效的完成进行同步传输之前的全部初始化过程. 本文还考虑了功率控制在初始化过程中对系统的影响, 最后得出了一个完整的、包括功率控制的初始化方案.

关键词: 同步 CDMA; 扩频 ALOHA; HFC 网络; 初始化

中图分类号: TN929.533 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2000) 10-0089-03

Research on Initialization Protocol for S-CDMA Based on HFC CATV Networks

LI Jian-xin, PEI Ke, LIU Zeng-ji, LIU Nai-an

(ISN State Key Lab of Xidian University, Xi'an 710071, China)

Abstract: A new multiple access protocol which can be used in initialization process for S-CDMA system based on HFC CATV networks is proposed by comparing of some existed protocols. As in other CDMA systems, the power control also makes a great effect to the capacity of HFC networks. A complete initialization scheme is given, in which the multiple access protocol and power control are considered together.

Key words: S-CDMA; SAMA; HFC network; initialization

1 引言

随着 Internet 的普及和交互式可视业务市场的不断扩大, 原有的电信网络在提供这些服务上出现了“接入瓶颈”, 因此人们把目光投向了宽带 HFC 网络 (Hybrid Fiber Coax Network). 近年来, 基于 HFC 网络的双向传输技术得到了很大的发展, 但是由于在上行信道中存在着严重的入侵干扰和“漏斗效应”产生的噪声积累, 使 TDMA (Time Division Multiple Access) 技术不能很好地应用于 HFC 网络^[1,3]. 为了提高系统的抗干扰能力和容量, 在上行信道中采用同步 CDMA (Code Division Multiple Access) 技术是一种很好的解决方案^[2], 同步 CDMA 技术充分发挥了扩频系统本身固有的抗干扰能力强、功率谱密度低和具有多址能力等优点, 提高了系统容量, 增强了传输的可靠性. 从用户开始接入到可以进行同步 CDMA 传输之间, 还存在着一个初始化过程. 在这个过程中, 同步尚未建立, 用户终端要通过接入协议完成同步传输前的传输参数设置、测距、注册和认证等工作. 目前关于采用同步 CDMA 传输技术的 HFC 网络物理层标准尚未确定, 系统的初始化问题也没能很好地解决, 因此在本文中对其初始化协议进行了研究, 并提出了一种新的初始化方案.

2 基于 HFC 的 CDMA 系统

2.1 HFC 网络结构

HFC 网络是一种具有分支型结构的网络, 其拓扑结构如

图 1 所示^[2].

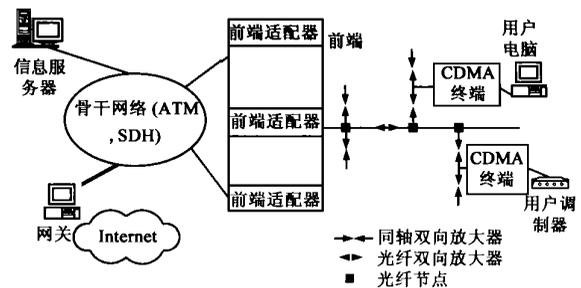


图 1 HFC 网络结构

前端适配器是骨干网络的端点, 在这里进行下行信号的调制, 所有的光纤节点共享下行信号. 这里把公用同一频段的不同 CDMA 终端称为同组终端, 前端可接收多个终端的信息. 光纤节点提供双向的光/电、电/光变换, 为信号传输提供透明的传输通道. HFC 网络双向传输的关键是信息的上行传输 (用户终端到前端) 问题.

2.2 上行信道传输的同步 CDMA 技术

CDMA 系统可分为同步和异步两种. 异步 CDMA 系统中, 各用户随机接入, 不需要网络同步, 各个用户的相对时延在扩频序列的整个周期内随机分布. 同步 CDMA 系统要求各个用户之间要保持同步, 也正是由于这种差别使得同步 CDMA 系统和异步 CDMA 系统的容量相差较大, 异步系统的容量只有

同步系统的 10~20%^[4,5].

在 HFC 网络中,由于用户终端的流动性不强,上行传输时延相对固定,同步问题易于解决.因此可以采用同步 CDMA 传输技术.

2.3 系统的初始化过程

在用户终端接入网络到能够正常地工作于同步模式之间存在着一个初始化过程.在这个过程中,系统要完成以下几个工作.

(1)测距:为了能够同步传输,每个用户终端必须知道从本终端到前端的传输时延信息,根据这个信息调整本地伪码产生的初始相位.

(2)功率控制:尽管 HFC 网络不象无线传输环境那样会造成几十 dB 的功率波动,但由于用户终端位置不同,信号通过光纤和同轴电缆的传输损耗值也会有几十 dB 的差别.为保证系统稳定工作,在接入时确定合适的发送功率是非常必要的.

(3)用户的登录和注册:用户需要把自己的 MAC(Medium Access Control)地址及身份信息在前端注册,并由前端为用户终端安排一个临时的地址,以提高信道的传输效率.

(4)获得传输参数:如工作的频段和同步传输使用的伪码等信息.

在初始化过程中,由于用户终端尚未与前端建立同步,而且存在多个用户同时发起呼叫的情况,因此初始化阶段就需要采用某种多址接入协议来解决传输和可能发生的碰撞问题.只有在多址接入协议的支持下,用户终端才能完成初始化过程,才能与前端以同步模式进行传输,因此,在初始化阶段采用的多址接入技术是宽带 HFC 网络上行传输的关键技术之一.

3 HFC 网络初始化阶段多址接入技术

目前 HFC 网络采用的随机接入技术主要有以下两种:

(1)ALOHA 技术.在接入信道中,采用随机竞争的 ALOHA 协议^[6,7].这种技术在无线通信系统中已广泛应用.它的优点是控制简单,缺点是吞吐量低,系统存在稳定性问题.

(2)有限竞争随机接入技术.为了解决碰撞问题,采用树算法^[8]或其改进碰撞解决协议.文献^[9]提出了一种树算法的实现.在下行广播信道中,由前端随机广播允许接入的用户终端 MAC 地址区间,落入此地址范围内的用户终端可以传输,其他用户终端等待.如果在允许传输地址范围内,有多个用户终端传输,则会发生碰撞,由前端继续缩小准入地址范围,直至只有一个用户为止.在这次碰撞解决之前,不允许新的用户分组接入.

以上这些技术也可以应用于同步 CDMA 上行传输的 HFC 系统,但是,如果这样,扩频技术本身的多址接入能力就没充分利用.本文提出采用一种单码传输的扩频随机接入技术,即 SAMA(Spread ALOHA Multiple Access)^[10].它既保持了 ALOHA 协议简洁的优点,也具备扩频技术抗干扰能力强,低功率谱密度的特点.

同组终端可以从下行广播中获得接入信道所需的公共扩

频伪码,同组终端内所有需要初始化的终端都使用这条伪码对分组进行扩频和传输,直至初始化过程结束.传输控制与碰撞解决与 ALOHA 系统一样.有关 SAMA 接收原理和性能请参考文^[10].

3.1 性能比较

初始化过程需要的时间长短与接入协议的时延特性有关. G 代表系统的业务量; S 代表吞吐量; D 代表归一化传输时延.图 2 是几种接入技术的性能比较(注:所给树算法的曲线是其时延特性的下限;SAMA 协议中,取扩频伪码长度 $N=7$;随机退避常数^[11] $k=7$).

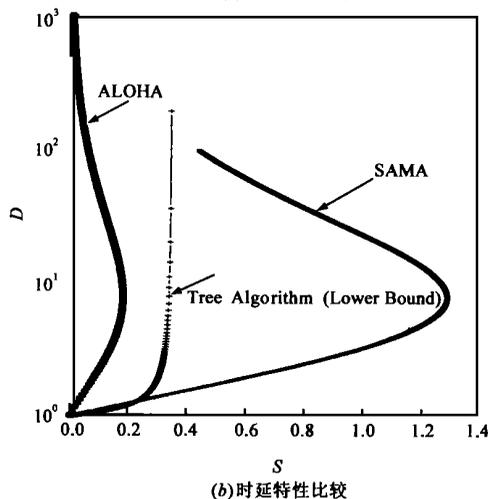
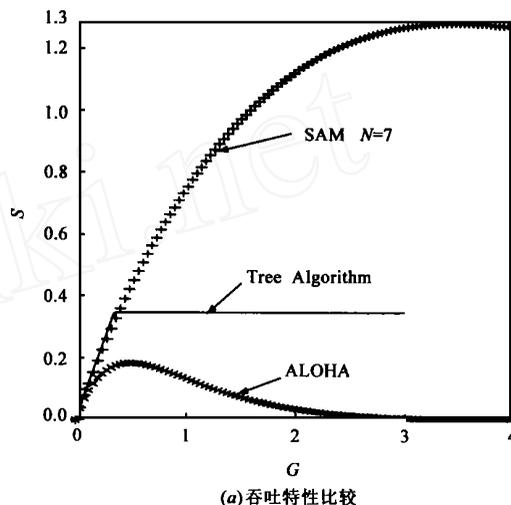


图 2 ALOHA、树算法和 SAMA 接入协议性能比较

从图 2 中,可以看到:

(1)从吞吐特性上来看,SAMA 协议的吞吐特性最好,尽管它的归一化吞吐率与 ALOHA 系统相同,但由于扩频技术的采用降低了碰撞的概率,最大吞吐量与扩频伪码长度有关,当 $N=7$ 时,几乎达到 1.3.树算法次之,最大吞吐量为 0.347. ALOHA 最差,只有 0.184.

(2)从时延特性上来看,在业务量较轻时,SAMA 协议的时延特性与树算法时延特性的下界接近,但当业务量超过 0.347 时,树算法的时延特性急剧恶化.SAMA 系统在业务量

超过 $N/2$ 后,才急剧恶化.与以上两种协议相比,ALOHA 的性能最差.

(3)从系统的稳定性来看,树算法的稳定性较好.SAMA 协议如同 ALOHA 一样,当业务量增加到一定程度 ($G = N/2$) 后,时延特性和吞吐特性会急剧恶化;

通过比较,总的来说 SAMA 协议的性能比 ALOHA 和树算法要好,而且 SAMA 协议采用了扩频技术,更适合应用于 CDMA 传输的 HFC 网络.

3.2 初始化阶段的功率控制

在系统初始化阶段,用户终端采用 SAMA 协议,完成初始化过程中与前端所需的数据交换,除此之外,由于功率控制对系统容量的影响很大,特别是不希望新接入的用户对正在传输的用户产生干扰.由于有线信道与无线信道的传输特性不同,它的上下行信道的传输损耗基本对称,可以通过接收到的下行广播信道的功率计算出信道的传输损耗 L ,再根据前端接收机的接收灵敏度 P_r 计算出一个基本的传输功率 P_0 .前端根据现在的信道状况、同步工作的用户个数及正在接入的用户个数,确定目前的信道容量,在广播信道中广播接入许可通知.获得接入许可通知的用户以功率 P_0 开始接入尝试,并逐步增大传输功率,直至正确接收为止.

3.3 完整的初始化方案

根据以上分析,设计一个完整的初始化方案,如图 3 所示.

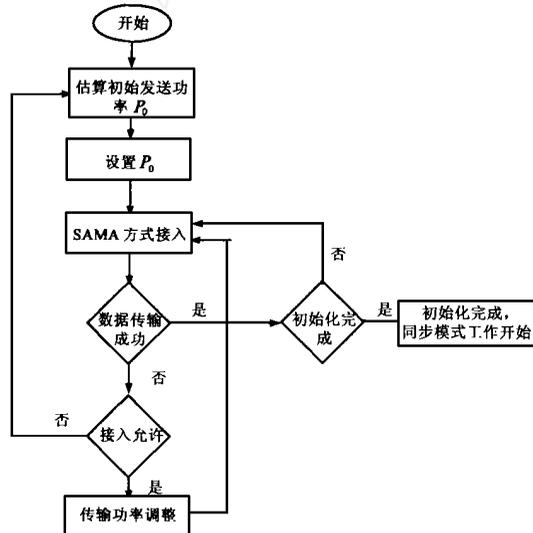


图 3 完整的初始化流程图

4 结论

本文提出了一种基于同步 CDMA 传输的 HFC 网络接入初始化方案.在初始化过程中,为保证各用户接入的公平性和

有效性,本文采用了 SAMA 接入协议,而且还考虑了接入信号对其它传输信号可能造成的干扰,提出了一个完整的初始化方案.在初始化阶段必须引入功率控制和前端的协调机制以保证系统工作在稳定状态.在同步工作模式下,系统仍然需要根据当前信道状态,对各个用户进行功率调整,这个过程是在同步工作模式下进行的与本文提及的功率控制稍有不同.

参考文献:

- [1] R. P. C. Wolters. Characteristics of upstream channel noise in CATV networks [J]. IEEE Trans. on Broadcasting, 1996, 42(9): 328 - 332.
- [2] Y. L. C. de Jong, et al. A CDMA based bi-directional communication system for hybrid fiber-coax CATV networks [J]. IEEE Trans. on Broadcasting, 1997, 43(6): 127 - 135.
- [3] C. A. Eldering, et al. CATV return path characterization for reliable communications [J]. IEEE Communications Magazine, 1995, 33(8): 62 - 69.
- [4] J. Y. N. Hui. Throughput analysis for code division multiple accessing of the spread spectrum channel [J]. IEEE Journal of Selected Areas in Communication, 1984, SAC-2(4): 482 - 486.
- [5] G. L. Turin. The effects of multipath and fading on the performance of direct-sequence CDMA systems [J]. IEEE Journal of Selected Areas in Communication, 1984, SAC-2(4): 597 - 603.
- [6] N. F. Maxemchuk. Twelve random access strategies for fiber optic networks [J]. IEEE Trans. on Communications, 1998, 36(8): 942 - 950.
- [7] N. Abramson. The throughput of packet broadcasting channels [J]. IEEE Trans. on Communications, 1977, 25(1): 117 - 128.
- [8] J. I. Capetanakis. Tree algorithms for packet broadcast channels [J]. IEEE Trans. Inform. Theory, 1979, 25(9): 505 - 515.
- [9] R. P. C. Wolters, et al. An initialization protocol for a CDMA based communications scheme for HFC CATV networks [J]. IEEE Trans. on Broadcasting, 1997, 43(9): 329 - 337.
- [10] 李建新等. 基于 ALOHA 的宽带接入技术研究 [J]. 电子学报, 已录用.
- [11] 林生. 计算机通信网原理 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1995.

作者简介:

李建新 (见本期第 88 页)



裴珂 1973 年出生, 1995 年获西安电子科技大学学士学位, 1998 年获硕士学位, 现在西安电子科技大学综合业务网络国家重点实验室攻读博士学位, 主要从事互联网移动性研究及宽带接入等领域的研究工作.