

无线 ATM 网中的多址接入控制协议

MAC Protocols in WATM Networks

鲁瑞华 雷开友

(西南师范大学 重庆400715)

Abstract In the paper, a protocol layer model of WATM networks, the role of MAC protocols in WATM networks, multiple access technology and the classification of MAC protocols are introduced.

Keywords WATM, MAC, TDMA, CDMA, Fixed assignment, Random access assignment, Distribute controlled demand-based assignment

1 引言

移动通信已经从第一代模拟移动通信系统步入第二代数字移动通信系统,现在,正在积极筹划向第三代全球综合移动通信系统推进,前两代移动通信系统主要解决话音通信的问题,而第三代移动通信系统则主要提供综合业务服务,并且能够保证服务质量。

异步传输模式(ATM)是宽带综合业务数字网(B-ISDN)的核心技术。ATM 技术使得 B-ISDN 可以支持多种不同类型的业务,包括恒定比特率(CBR)业务、可变比特率(VBR)业务、可利用比特率(ABR)业务和非特定比特率(UBR)业务。

无线异步传输模式(WATM)是为适应综合业务需要应运而生的。ATM 技术使得业务特性和物理传输解耦,因此使多种业务得以在同一个网络中进行。今后信息基础骨干网将以 B-ISDN 为基础,把移动终端接入 B-ISDN 的使用则由 WATM 来完成。WATM 将提供有线网所具有的全部功能,为高层提供透明性,使高层的应用不必知道是有线 ATM 还是无线 ATM。

WATM 网实质上是 ATM 网的无线延伸,但两者之间有巨大差异。ATM 技术是为用于高速率、大容量、高可靠性的光纤系统技术而设计的,而无线信道的传输速率较低、容量较小、可靠性也远不如光纤系统。光纤信道的误码率在 10^{-9} 量级上,而无线信息的误码率则高达 $10^{-5} \sim 10^{-3}$ 量级。为了便于未来无线系统能够和 ATM 有线骨干网实现无缝连接,必须加入新的协议层,如图1所示。

由图1可见,无线 ATM 通信网协议分层模型是以 B-ISDN/ATM 协议参考模型为基础的,同时增加了适合个人通信的无线物理层、多址接入控制层和数据链路控制层以及相应的无线控制功能,本文仅对多址接入控制层进行讨论。

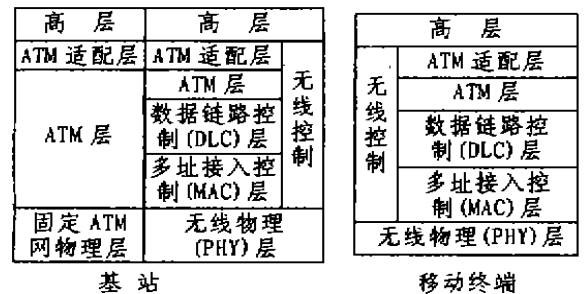


图1 无线 ATM 通信网协议分层模型

2 无线 ATM 网中的多址接入控制协议

为了使多个设备共享无线资源,无线 ATM 引入了多址接入控制层,该层处于物理层和数据链路控制层之间,其设计质量直接影响系统的性能、容量及终端的复杂程度等等。

2.1 多址接入控制协议在无线 ATM 网中的作用

无线信道以介质共享为其特点,无线通信网一般将服务区域划分为许多小区/微小区,系统的频率资源在各个小区之间得以复用。每一个小区内通常有一个基站(BS)提供用户到 ATM 骨干网的接口,每一个小区还有多个移动终端(MT),它们通过空中接口与基站相连,共享基站提供的频率资源和服务。

在有线链路中,用户通过一根用户线与网络联接,独自享有用户网络接口所提供的全部带宽,而在无线链路中则是多个用户共享无线信道,这就需要有一个多址接入控制(MAC:multiple access control)协议,亦称媒体接入控制(media access control)协议来协调各个用户和基站间的通信。MAC 这一概念最早出现于计算机局域网。计算机局域网与无线系统一样,传输介质由用户共享。其差别是:在无线系统中传输介质为无

线信道,而在局域网中则为以同轴电缆、光纤或是双绞线形式存在的传输链路。

个人通信越发展,无线接入在通信中的地位越重要。在任何地点,任何时间都能接入通信网——这是用户的迫切要求,而传统的有线接入方式已经无法满足此要求,只有通过无线接入才能实现。在无线通信中,由于信道带宽受限,而潜在的通信需求可能会很大,怎样合理、有效、公平地分配珍贵的无线资源便成了至关重要的问题。MAC 协议正是解决这一问题的关键技术。

2.2 多址技术

多址技术直接影响系统的容量、蜂窝结构、频谱利用率、设备性能价格比和未来的发展潜力,多址方式包括频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA)及码分多址(CDMA)。目前常用的两种多址技术是 TDMA 和 CDMA。

2.2.1 时分多址(TDMA: Time Division Multiple Access) TDMA 技术的优势在于容易实现综合业务,这一点对于未来的个人通信甚为重要。TDMA 系统中固定长度的时隙概念与 ATM 技术将信息分为大小相同的分组的原理一致,便于在无线 ATM 网中实现。基于 TDMA 的 PRMA (Packet Reservation Multiple Access) 协议利用了话音激活技术(VAD: Voice Activity Detect),具有捕捉概率的 PRMA 协议表现出了系统的软容量特性,各式的多方向性的天线也可在 TDMA 系统中加以利用。TDMA 技术也有缺陷,这就是它具有固有的僵硬帧结构,与 CDMA 相比,它的容量稍小,话音质量稍差。

2.2.2 码分多址(CDMA: Code Division Multiple Access) CDMA 技术是第三代移动通信的主要技术,其中 W-CDMA 和 CDMA2000 将是第三代移动通信的主流技术。表 1 给出了这两种宽带 CDMA 的区别,其中最主要的是码片速率、基站同步与否和导频信道方式。

表 1 两种宽带 CDMA 技术的主要区别

	W-CDMA	CDMA2000
最小带宽	5MHz	1.25MHz 整数倍
采用技术类型	单载波的宽带直接序列扩频(DS)	多载波(MC)和直接扩频(DS)两种
码片速率	4.096Mcps	1.2288Mcps 整数倍
基站间同步与否	异步(不需 GPS)	同步(需 GPS)
下行信道导频	采用导频符号,与业务数据流时分复用(TM)	采用独立的连续导频,业务码道共用(CM)
帧长	10ms	20ms
话音编码	固定速率	可变速率
功率控制速率	1600bits/s	800bits/s

宽带 CDMA 技术是多种无线通信新技术的综合

产物,它引入了小区间的异步操作以及导频信道和数据信道相结合的概念,导频信道可以实现下行连接的同步解调,而且还可以实现抗干扰和自适应天线阵列。CDMA 的扇区划分可以提高系统容量,而自适应天线阵列则视为自适应的扇区划分,加之采用功率控制,移动用户越区时有软切换(soft handover)的优点,从而使 CDMA 技术具有很大的优势。宽带 CDMA 具有以下几个主要技术特点:

- ①. 利用小区间的异步操作实现快速小区搜索;
- ②. 同步扩频码跟踪;
- ③. 双向的快速功率控制;
- ④. 双向的同步搜索接收;
- ⑤. 前向的正交扩频因子;
- ⑥. 可变速率接收和盲速率检测。

在无线 MAC 协议采用何种多址方式这个问题上一直存在激烈的争论:是采用时分多址(TDMA)好还是码分多址(CDMA)好?以前人们认为 CDMA 技术可以提高系统的容量,因而优于 TDMA,然而随着技术的发展,很多以前专属于 CDMA 技术的优点现在也可用 TDMA 技术实现,迄今为止两种技术中何种为优尚无结论,欧美现在都同时存在基于 TDMA 和基于 CDMA 的两种标准,不过目前国际上几个无线 ATM 的实验系统采用的都是 TDMA 技术。

2.3 MAC 协议分类

目前 MAC 协议主要分为四类:固定分配、随机接入、按需求分配、自适应策略及混合模式。

2.3.1 固定分配(fixed assignment) 亦即固定带宽分配,其典型代表是对单个用户分配固定信道的频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA)和码分多址(CDMA)。在固定分配这种方式下,每个用户获得一个固定的小资源块,从信道建立至信道拆除期间,用户独自占有该资源块。在固定带宽分配方式下用户有一个恒定带宽,使服务质量(QoS)得到保证。固定带宽分配方式的 MAC 对于恒定比特率(CBR)业务具有较好的性能。这种业务在大部分时间内都有较恒定的业务流,因而信道利用率较高,但对可变比特率(VBR)业务,则必须准备峰值带宽,并且在通信过程中不得降低,因此带宽利用率极低。此外,对数据业务,当用户没有数据传送时,信道就被浪费。总之,对突发性较强的业务,固定带宽分配方式表现出较差的性能。

2.3.2 随机接入(random access assignment) 允许用户在一个较小的时隙占有信道的全部容量。在固定分配方式下,带宽的分配面向信道,而随机接入则面向分组。由于这种 MAC 协议允许用户随机接入信道,当多个用户同时占有同一资源时,就不可避免地会发生碰撞,其结果是基站无法接收到用户发来的信息,从而导致信息丢失。在随机接入方式下必须有一个反馈信道,基站借以对用户每一次送来的上行信息发布一个反馈信息。用户通过监听反馈信息判断自己的上

行分组是否被基站成功接收,如果基站发布的反馈信息为否定的,则表明由于碰撞或者信道错误基站不能成功接收该分组,用户必须重新发送。在这种情况下,用户通常将随机延迟一段时间后再发送该分组,以防止再次发生碰撞。随机接入方式以 ALOHA、载波监听多地访问/碰撞检测(CSMA/CD)和分组随机轮询(GRAP)协议为其典型代表。纯 ALOHA 乃是最简单的随机接入技术,用户无论何时都有信息要发送,都将分组送出。若发生碰撞,则需重新发送。CSMA/CD 协议被 IEEE 定为局域网(802系列)的 MAC 协议。当用户有分组要发送时,首先监听信道中是否有信息在发送,若无,则将分组发出,否则将继续监听直到信道空闲时再将分组发出。

随机接入技术,主要是针对数据通信提出的,实现起来比较简单,对于突发性较强的业务有较好的性能,但对于延时敏感的业务(如 CBR)的适应性很差。随机接入方式的缺点是稳定性不够良好。当信道负载较小时,碰撞机会减少,信道的利用率提高。当信道的负载较大时,碰撞频繁发生(与用户数有关),导致多个分组重发,加重了信道的负载,系统性能从而急剧下降。

2.3.3 按需求分配(distribute controlled demand-based assignment) 是随机接入和固定分配结合的产物,CSMA/CA、PRMA、RAMA 及 DRMA 等都是按需求分配的代表。按需要分配如同随机接入一样,允许用户在需要时占有系统的带宽。不同的是,在随机接入方式下,无论什么时候用户需要发送信息都是采用随机接入方式,发生碰撞时,用户必须重新发送,而在按需求分配方式下,当用户提出需求时,系统将根据其需求予以分配资源。按需求分配的 MAC 协议又可分为基于竞争-保留机制和基于轮询机制这两种。

在基于竞争-保留机制的按需求分配时,用户的接入过程可以分为竞争和保留两个阶段,在竞争阶段,用户以随机接入的方式发出分组或者仅仅是发送请求信号,当基站成功地收到后,用户随即转入保留阶段,在此阶段,用户以一种无竞争的方式传送信息。无竞争传送阶段的引入可以大大提高系统的吞吐量。在这种按需求分配方式下,一部分信道被用于竞争阶段。碰撞只发生在这一阶段。一个典型的基于竞争-保留机制的 MAC 协议是分组保留多址接入 PRMA 协议,该协议用于语音/数据集成业务的无线系统中。PRMA 协议采用固定长度的 TDMA 帧结构,每一帧的时隙分为竞争时隙和保留时隙两种。该协议利用了语音业务模型,语音业务在开始激活期通过竞争时隙接入信道,一旦接入成功,则保留了每帧同一位置的一个时隙。由于帧与语音分组达到相同的速率,语音业务获得了较高的

效率。语音业务转为无话期时,保留的时隙被释放用于竞争。

基于轮询的按需求分配是完全由中央控制的需求分配,通常由一个中央控制台来协调多个终端用户。中央控制台只是在自己认为某个终端有分组等待传送时才对其询问,被询问的终端可以获得允许传送一定数量的分组。最早的轮询协议是计算机局域网的令牌环协议。令牌环协议中无中央控制台,只有一个在各个计算机之间循环传送的令牌,令牌传送到哪个用户,那个用户就可以完全享有带宽,发送一定数目的数据分组。轮询的方式可以避免碰撞的发生,但对业务的建模有较高的要求。

2.3.4 自适应策略和混合模式(adaptive strategy and mixed modes) 上述各种多址接入方式都有自身的优缺点,没有哪一种无论何时何种情况下都能表现出最佳的性能。因此,今后趋向于采用自适应策略和混合模式这种分配方式。此种方式根据用户业务特点的时变性,为了容纳不同业务类型的混合,可以将信道分为几个区段,每一区段可以智能地选择当前最为有效的分配方式,以获得最佳的综合性能。但这种协议尚处于初步开发阶段,有待于进一步研究。

结束语 目前 ATM 论坛正在加紧对无线 ATM 的标准化工作,对在 5GHz 下运行的无线 ATM 系统的系统容量、数据速率、分组长度、网络框架、接入方式等等提出了严格要求。虽然到目前为止,ATM 论坛仍未制定出无线 ATM 网 MAC 协议的最终标准,但从它所提出的要求来看,无线 ATM 的 MAC 协议将会至少具备以下一些特点:

- ①灵活的 TDMA/TDD 帧结构;
- ②动态分配上、下行带宽,这意味着一帧中上行和下行部分的边界将不是固定的,甚至一帧的总长度也可能是变化的;
- ③虽然一帧中的最小单位仍是一个时隙(对应一个 ATM 信元),但是可以把多个时隙组成一个较大的时隙传送来自同一连接的多个信元。

参考文献

- 1 Raychaudhuri D. Wireless ATM networks: architecture, system design and prototyping. IEEE Personal Communication Magazine, 1996, 3(4): 42~49
- 2 Ayanoglu E, Kai Eng Y, Mark Karol J. Wireless ATM: limits, challenges and proposals. IEEE Personal Communication Magazine, 1996, 3(4): 18~34
- 3 Walke B, Petras D, Plassmann D. Wireless ATM: air interface and network protocols of the mobile broadband system. IEEE Personal Communication Magazine, 1996, 3(4): 50~56
- 4 谢希仁. 计算机网络(第2版). 电子工业出版社, 1999. 4