

无线网络的跨层设计

张雪芹, 周莲英

(江苏大学 计算机科学与通信工程学院, 江苏 镇江 212013)

摘要:无线网络信道易变化,同时还有 QoS 的需求,传统的分层设计不能根据变化做动态调整,引入跨层设计的思想,可以提高交互性。对无线通信环境的特征进行介绍,结合 QoS 的要求,给出跨层设计的思想。最后提出一种跨层设计的框架,将自适应协议引入其中,可以适应信道变化,提高网络资源的利用率。

关键词:无线网络;跨层;服务质量

中图分类号:TN92

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2008)02-0088-03

Cross-Layer Design in Wireless Network

ZHANG Xue-qin, ZHOU Lian-ying

(Institute of Computer Science and Telecommunication, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: Analyses the characteristic of the wireless network. Combines the need of QoS. Introduce the idea of cross layer. Based on the detailed description of the cross layer design in the wireless network, put forward a framework of the cross layer design. It can adjust the variations of the channel, so it improves the utilization of the network resource.

Key words: wireless network; cross layer; QoS

0 引言

现有的 OSI 七层网络框架比较简单,容易标准化,也很容易改变来适应新的协议。它假设每一层都可以独立优化。分层设计方法在有线固定通信网络协议设计中取得很好的成效,主要针对的是点到点链路。随着无线网络逐渐成为通信领域重要的组成部分,而无线介质本质上是一种广播方式,没有清晰的链路概念,现有的分层体系结构对之不太适合。无线的信道是动态变化的,还有一定的 QoS 需求^[1],可以通过跨层设计来解决。

1 无线网络的简介

无线通信不同于有线通信,无线信号传输介质是不可靠的,带宽低并且有广播特性^[2]。其中,无线宽带通信的最大障碍就是要克服多径衰落和多普勒扩展。QoS 一般指的是带宽保证,而无线信道独有的特性使得无线网络不能提供这类保证。

1.1 无线通信底层的特点

(1)物理层。

该层位于 OSI 参与模型的最低层,直接面向实际承担数据传输的物理媒体(即信道)。物理层信道的性能主要受两个因素的影响:信道衰落而带来的衰减和用同一个信道而带来的用户之间的干扰。对于使用同一信道带来的用户干扰可以通过正交技术将它们隔开,如时分多址接入 TDMA、频分多址接入 FDMA 和码分多址接入 CDMA。用正交信号的缺点是用户的数量会受到可用带宽的限制。信道衰落可以通过链路自适应技术来解决,可以自动地调节发射机参数以克服慢衰落和快衰落效应从而获得最佳通信效果。

物理层的 BER(每一位的出错概率)对物理层的性能是关键因素。但计算 BER 是相当复杂的,实际中是将 BER 性能要求映射为信干比(SIR)的要求。一般决定包是否正确的解码是通过接受到的 SIR 值来衡量的。提高 SIR 就可以提高正确接受的机率,一个重要的技术是功率控制^[3]。功率控制是在不影响通话质量的前提下,通过控制接入终端的输出功率,在保证高质量的反向链路的同时使得干扰最小化。当平均的每个用户反向链路信噪比达到最小,同时通信质量达到“可接受”标准,从而使得容量最大化。

(2)MAC 层。

收稿日期:2007-05-24

基金项目:江苏省自然科学基金资助项目(03KJD520068)

作者简介:张雪芹(1982-),女,江苏盐城人,硕士研究生,研究方向为无线网络的 QoS;周莲英,副教授,研究方向为自组网络的 QoS 和网络安全。

MAC层(媒体接入控制层)位于物理层之上。它使用物理层提供的传输信道并向无线链路层提供逻辑信道。它定义了对实时声音、视频和可信的数据传输的支持,在有限的无线带宽有效公平的共享中起着重要作用。因为无线网络中无线链路的共享特性,所以带来竞争。MAC层需要调度功能来解决竞争问题。所谓调度就是协调用户共享无线信道资源(带宽、时延等),如规定用户何时、以何种方式发送数据。

(3)网络层。

该层在MAC层之上。它将数据分成一定长度的分组,并在分组头中标识源和目的节点的逻辑地址,这些地址就像街区、门牌号一样,成为每个节点的标识;网络层的核心功能便是根据这些地址来获得从源到目的的路径,当有多条路径存在的情况下,还要负责进行路由选择。当路径的预留资源得到满足时,请求被接纳,否则被拒绝,这一操作过程称为接纳控制。QoS选路过程与资源预留过程是解耦的,也就是说在资源预留之前,满足应用要求的QoS可行路径往往已被确定。多业务里,有声音、数据、视频等,不同的业务需要不同的QoS需求,需要接入控制进行区别对待。

1.2 无线通信的网络结构

无线通信系统有两种网络结构:有基础设施和无基础设施网。

(1)有基础设施结构:通常是对有线通信网的扩展。有线网被用作骨干网,连接到特殊的有线/无线转接点,即基站(BS, base station)或接入点(AP, access point),统称为BS。BS负责协调覆盖地区的移动节点通过一个或多个传输信道接入网络。传输信道可以是FDMA的某个频道,也可以是TDMA的某个时隙,或者是CDMA的某个码道。BS与有线骨干网相连并且覆盖一个区域,它必须被预先规划、设计和布设,因此这种结构称为有基础设施网结构。基础设施网包含很多种类,比较典型的有:蜂窝移动通信、集群移动通信系统、无线局域网等。

(2)无基础设施网络结构:一般也称为自组网络,它是由多个移动节点组成的多跳无线网络。这些移动节点处在一个局域区域内,每个节点都具备路由器的功能,可以通过转储转发技术帮助其它节点构成通信链路。它与基础设施网最大的区别是不需要预设的基础设施(BS和AP),网络的组织是临时的、按需的和自动的。由于自组网无基础设施,导致无控制中心,因此必须采用分布式的控制方式。现有的自组网的通信系统主要集中于军事通信,如美国的PRNET等。在民用方面,无线局域网802.11的Ad hoc模式以及蓝牙技术属于自组网。

2 无线网络的跨层设计

(1)跨层设计的思想。

所谓跨层是指原来不相邻的各层之间也可以通信,或者让相邻的层之间通过以前没有的接口进行通信。跨层设计目标是,用自适应支持所有层的QoS,自适应意味着网络协议和应用都有观测网络变化并做出响应的能力。如链路层可以调整速率以满足当前信道和网络状况下的应用需要。

跨层设计不是放弃分层的方法^[4],而是将无线网络看成一个整体,进行设计;或维持分层不变,同时考虑不同层间的不同协议间的交互,将分散在网络各个子层的特性参数协调融合。如网络层可以把物理层的信道参数作为路由选择的判据,从而优化路由算法。

跨层设计需要考虑的问题:哪些层需要对信道变化作出反应;层间该怎样进行优化;在层间需要交换哪些信息;每个独立的层适应性协议该怎样用这些信息。

(2)局部跨层设计的实例。

设计的步骤:确定层的抽象模型和每一层的QoS的特性,确定每一层的自适应协议。确定在层间的最小交换信息,在层间的交换的参数是什么。确定性能均衡参数:性能、复杂度和可伸缩性。

考虑物理层、MAC层、网络层三者的相互交互。设计的目标是为了传输QoS。QoS的衡量标准对应于每一层的参数是不同的。物理层主要是BER(出错率);MAC层是接入时延和吞吐量;对于网络层有时延、吞吐、阻塞率、丢报率。其他重要的性能评价还有能量(功率消耗、网络生命段)和用户容量。

图1给出了一协议交互的实例。图中↓代表网络层会影响物理层的每个节点的当前会话分配,决定新的容量和功率范围。图中↑表示功率的范围(最大值、最小值)会影响接入控制和网络的布局,通过接入控制来控制功率范围。网络层与MAC层需要接入控制进行协调,MAC层与物理层则借助于功率控制。网络层和物理层之间的交互,通过MAC层联系。

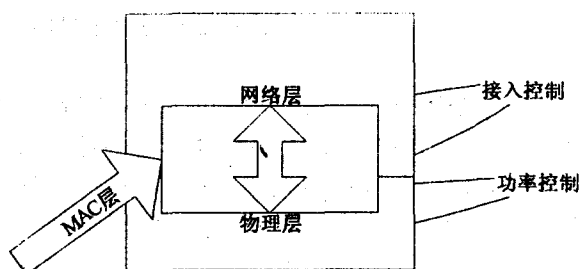


图1 协议间交互

3 一个跨层设计的框架

在无线多媒体网络中,产生的业务大多是突发的,

在无线信道上动态地产生变化的 QoS。QoS 包括多个方面的内容,如带宽、时延、时延抖动等。每种业务都对 QoS 有特定的要求,有些可能对其中的某些指标要求高一些,有些则可能对另外一些指标要求高些。语音方面不可以有时延,需要接入优先级控制,但可以允许有一些错误,BER 的目标是 10^{-2} ;对于数据业务,可以容忍时延,但对数据的出错率要求高,BER 的目标是 10^{-6} 。包可能会重传,直到收到正确的为止(数据链路层通过 ARQ 协议保证)。

下面给出一个采用自适应协议的例子框架。

(1)物理层:向 MAC 子层和网络层提供本层的状态参数,作为其它层优化设计的标准。跨层设计方法主要体现在按照 MAC 协议、路由协议的 QoS 需求实施功率控制,调整速率分配,采用自适应调制和编码(AMC),可以有效地减少无线信道上的出错率(BER),提高性能。

(2)MAC 层:随着多媒体业务 QoS 保证机制的提出,对于 MAC 层,需要区分接入业务的类型,采取优先级或预留信道资源的调度机制。根据业务类型的改变,采用自适应调度算法,动态地分配子载波及时隙。该算法由分组调度算法和资源分配算法组成。分组调度算法按一定调度准则将等待传输的分组以一定顺序送入链路层。资源分配算法则根据各用户信道状况及分组调度顺序,选择恰当的无线资源完成传输。

(3)网络层:有线中常用的最短路径准则对无线网络不适合,因为它没有考虑到物理信道特性的变化对 MAC 层接入性能影响等因素,造成所选路径无法适应底层性能的变化。此外,节点的移动也会带来链路的破裂和路径质量的变化,路由协议的设计必须考虑物理节点和物理信道变化所带来的影响。采用自适应的路由,使干扰最小,基于可预测的业务,改变已选的路由。自适应路由可以从时间上考虑,即在某个时候根据当时的情况调整路由。自适应路由也可从空间上考虑,即在网络的某个局部范围做出应调整路由的决定,或在调整路由时所根据的某些状态信息是来自网络的某个局部范围。

提出的跨层框架其基本思想为(如图 2 所示):网络层根据物理层提供的 SIR、功率情况进行路由选择,并将路由情况再反馈给物理层,物理层通过功率控制调节,再将自己的参数送给网络层,网络层再进行路由的选择。MAC 层根据物理层的 SIR 参数值进行调度,将活动用户的数目传给物理层。物理层进行功率控制,将新的 SIR 值传给 MAC 层,使得 MAC 层对调度方案进行更新。从中可以看出物理层在无线网络中的重要地位,也是由无线网络的特点决定的。

每一层在完成自己独立的功能时,还进行信息的交换,同时将自适应性引入其中,可以根据变化动态调整。因此所有的协议间都有很强的交互性,满足跨层设计的目标,提高网络资源的利用率。

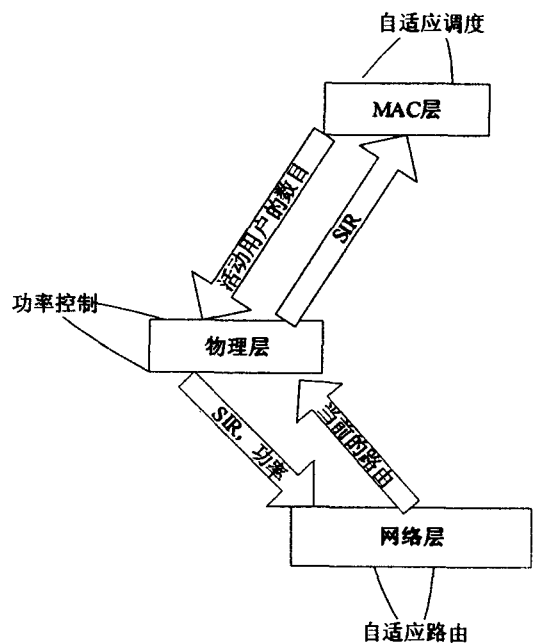


图 2 一种跨层设计的框架

4 结论

跨层设计可以提高层间的交互性,根据层间的信息交换来提高每一层的自适应。在无线网络中,层间都是互相依赖的^[5],所以跨层设计显得尤为重要,但跨层设计中不同的层的协议交互很难描绘。文中针对无线多媒体网络,提出一种无线跨层框架,使得层间协议很好地进行交互,适应动态变化的无线环境,同时还满足自适应的要求,提高网络性能。

参考文献:

- [1] Chen Jie, LÜ Tiejun, Zheng Haitao. Cross-layer Design for QoS Wireless Communications[C]//Proceedings of the 2004 International Symposium. [s.l.]:[s. n.],2004:23-26.
- [2] Shakkottai S, Rappaport T, Karlsson P C. Cross layer design for wireless networks[J]. IEEE Communications Magazine, 2003(10):74-80.
- [3] Chiang M, Man R. Jointly optimal congestion control and power control in wireless multihop networks[C]//IEEE GLOBECOM'03. [s.l.]:[s. n.],2003:195-199.
- [4] Kawadia V, Kumar P R. A cautionary perspective on cross layer design[J]. IEEE Personal Communication, 2005(2):3-11.
- [5] Pahlavan, Krishnamurthy. 无线网络通信原理与应用[M]. 刘剑,译.北京:清华大学出版社.2002:10-11.