文章编号:1001 - 9081(2005)01 - 0163 - 02

Ad hoc 网络体系结构研究

李　勇[1],黄均才[2],王凤碧[3],尹峻勋[1]
(1. 华南理工大学 电子信息学院,广东 广州 510641;
2. 东莞理工学院 计算机科学与技术系,广东 东莞 523106;　3. 东莞理工学院 电子工程系,广东 东莞 523106)
(huangjc@dgut.edu.cn)

摘　要:Ad hoc 网络体系结构的设计不同于传统网络的体系结构。首先阐述 Ad hoc 网络的节点结构,比较了几种典型的网络结构,然后给出了一种用于 Ad hoc 网络的协议栈。和其他模型不同的是,我们的模型在传输层和应用层之间增加一层中间件,屏蔽操作系统和网络的低层细节,同时增加通信的可靠性、安全性。

关键词:Ad hoc 网络;网络体系结构;协议栈;中间件
中图分类号:TP393.02　　**文献标识码**:A

Research of Ad hoc network structure

LI Yong[1], HUANG Jun-cai[2], WANG Feng-bi[3], YIN Jun-xun[1]
(1. *College of Electric Engineering, South China University of Technology, Guangzhou Guangdong* 510641, *China;*
2. *Department of Computer Science Technology, Dongguan University of Technology, Dongguan Guangdong* 523106, *China;*
3. *Department of Electronic Engineering, Dongguan University of Technology, Dongguan Guangdong* 523106, *China)*

Abstract: The network structure design for Ad hoc is different from those of the traditional ones. The node structure was expounded and some typical network structures were compared firstly. Then a kind of protocol stack for Ad hoc was given. Different from other models, there was a middleware layer between transmission layer and net layer in this model, which shielded the OS and network's low layers details and enhanced the reliability and security of communications at the same time.

Key words: Ad hoc; network structure; protocol stack; midware

无线 Ad hoc 网络是一种自组织、自适应、不需要基础设施的网络。自 20 世纪 90 年代中后期以来,无线 Ad hoc 网络的标准化活动推动了它的发展,其中 IETF(The Internet Engineering Task Force)的移动 Ad hoc 网络(MANET)[1]工作组负责对路由协议进行标准化工作,IEEE 的 IEEE 802.11[2]子工作组对基于冲突避免的媒体接入协议进行了标准化,部分解决了隐蔽节点的问题,使利用笔记本电脑上的 802.11 PCMCIA 无线网卡组建无线 Ad hoc 网络成为可能。但是作为无线自组织网的 Ad hoc 网络,由于信道干扰严重,信号不稳定,设计非常复杂,面临很多挑战。

1　Ad hoc 的节点结构

Ad hoc 网络的节点不仅具有移动终端的功能,还要完成路由器的功能。因此,网络节点通常包括主机、路由器和电台三部分。其中主机部分(外置计算机或嵌入式计算机)完成移动终端的功能,包括人机接口、数据处理等;而路由器部分主要负责维护网络的拓扑结构和路由信息,完成报文的转发功能;电台部分(无线接口)提供无线信息传输功能。从物理结构上分,节点可以被分为以下几类:单主机单电台、单主机多电台、多主机单电台和多主机多电台。手持机一般采用单主机单电台结构,复杂的车载台可能包括通信车内的多个主机,它可以采用多主机单/多电台结构,以实现多个主机共享一个或多个电合。多电台使节点具有更大的灵活性和自适应能力,不仅可以使用多个电台来构建叠加(overlay)网络,还可以作为网关节点来互联多个 Ad hoc 网络。

2　Ad hoc 的网络结构

Ad hoc 网络一般有两种结构:平面结构和分级结构。在平面结构中,所有结点的地位平等,所以又可以称为对等式结构。而分级结构中,网络被划分为簇。每个簇由一个簇头和多个簇成员组成。这些簇头形成了高一级的网络。在高一级网络中,又可以分簇,再次形成更高一级的网络,直至最高级。

分级结构中,簇头结点负责簇间数据的转发。簇头可以预先指定,也可以由结点使用算法选举产生。分级结构的网络又可以被分为单频分级和多频分级两种。单频率分级网络(图 1)中,所有结点使用同一个频率通信。为了实现簇头之间的通信,要有网关结点(同时属于两个簇的结点)的支持。而在多频率分级网络中(图 2),不同级采用不同的通信频率。低级结点的通信范围较小,而高级结点要覆盖较大的范围。高级的结点同时处于多个级中,有多个频率,用不同的频率实现不同级的通信。在图 2 所示的两级网络中,簇头结点有两个频率。频率 1 用于簇头与簇成员的通信。而频率 2 用于簇头之间的通信。分级网络的每个结点都可以成为簇头,所以需要适当的簇头选举算法,算法要能根据网络拓扑的变化重

收稿日期:2004 - 07 - 06;**修订日期**:2004 - 09 - 10　　**基金项目**:国家自然科学基金资助项目(70372069)
作者简介:李勇(1958 -),男,河南信阳人,副教授,博士研究生,主要研究方向:Ad hoc 网络、普适计算;　黄均才(1973 -),男,重庆綦江人,助教,硕士,主要研究方向:信息安全、生物信息学;　王凤碧(1974 -),女,四川新津人,助教,硕士,主要研究方向:通信测试、嵌入式系统;尹俊勋(1942 -),男,广东东莞人,教授,博士生导师,主要研究方向:网络通讯、音视频信号处理、计算机应用.

新分簇。

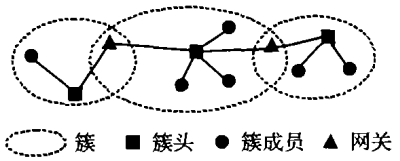

图1 单频分级结构

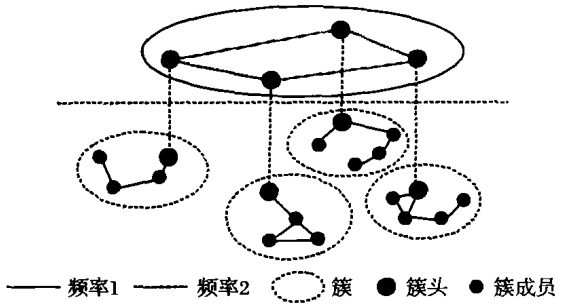

图2 双频分级结构

平面结构的网络比较简单,网络中所有结点是完全对等的,原则上不存在瓶颈,所以比较健壮。它的缺点是可扩充性差,每一个结点都需要知道到达其他所有结点的路由。维护这些动态变化的路由信息需要大量的控制消息。在分级结构的网络中,簇成员的功能比较简单,不需要维护复杂的路由信息。这大大减少了网络中路由控制信息的数量,因此具有很好的可扩充性。由于簇头结点可以随时选举产生,分级结构也具有很强的抗毁性。分级结构的缺点是,维护分级结构需要结点执行簇头选举算法,簇头结点可能会成为网络的瓶颈。

因此,当网络的规模较小时,可以采用简单的平面式结构;而当网络的规模增大时,应采用分级结构。美军在其战术互联网中使用近期数字电台(NTDR,Near Term Digital Radio)组网时采用的就是如图3所示的双频分级结构。

3 Ad hoc 网络中的关键技术

一般无线系统是干扰受限的系统,需要进行功率控制或速率控制。由于无线 Ad hoc 网络中可能存在多跳,在一个多跳、承载数据业务的网络中进行闭环功率控制可能会很困难,因此大部分系统采用开环功率控制。例如在 ODMA[3] (Opportunity Driven Multiple Access)中,如果信噪比不能满足通信要求,这个节点将试着降低其数据速率,如果仍然不能满足,则考虑降低本节点的发射功率[4]。这是一种自适应的功率控制与速率控制相结合的方法,可以在一定程度上使网络工作在最佳状态。

无线 Ad hoc 网络中一般不存在一个控制中心,接入控制的工作通过分布式完成,经常存在隐终端和暴露终端问题,而 IEEE 802.11 在多跳网络下工作仍然受到置疑[5]。现有的许多媒体接入控制协议在传输高速数据时,设计了一些时间片进行控制或保护,Chandra A[6]分析了这些控制时间对传送高速数据来说可能造成一定的浪费。能否设计一种更为合理的,适用于无线 Ad hoc 网络的媒体接入协议将直接影响到整个无线 Ad-hoc 网络的性能。

无线 Ad hoc 网络是一种多跳的拓扑结构迅速变化的网络,需要动态路由协议的支持,设计高效、动态路由协议成为规划无线 Ad hoc 网络的一个挑战,路由协议必须能够跟上节点移动所带来的网络拓扑结构的迅速变化。Broch J[7]对现有的 Ad hoc 路由协议做了比较,分析表明,现有的各种协议使用不同的路由机制,性能也各有所长,但都没有解决所有的问题,也没有考虑到业务的特性。

4 Ad hoc 网络协议栈

根据 Ad hoc 网络的特征,仿照 OSI 的经典 7 层协议栈模型和 TCP/IP 的体系结构,我们将 Ad hoc 网络的协议栈划分为 6 层,如图 3 所示。其中虚线方框表示可选的功能部件。考虑到 TCP/IP 已经成为事实的网络互联标准,Ad hoc 网络的体系结构应基于 TCP/IP 体系结构(美军的数字电台明确采用 TCP/IP 体系结构),并需要根据自身特点进行必要的简化、修改和扩充。例如,现有路由协议和组网方式都必须做重大修改,无线网络中的 TCP 机制和性能也需重新评估,考虑与有线骨干网的无缝连接,兼顾网络的效率与抗毁性等。

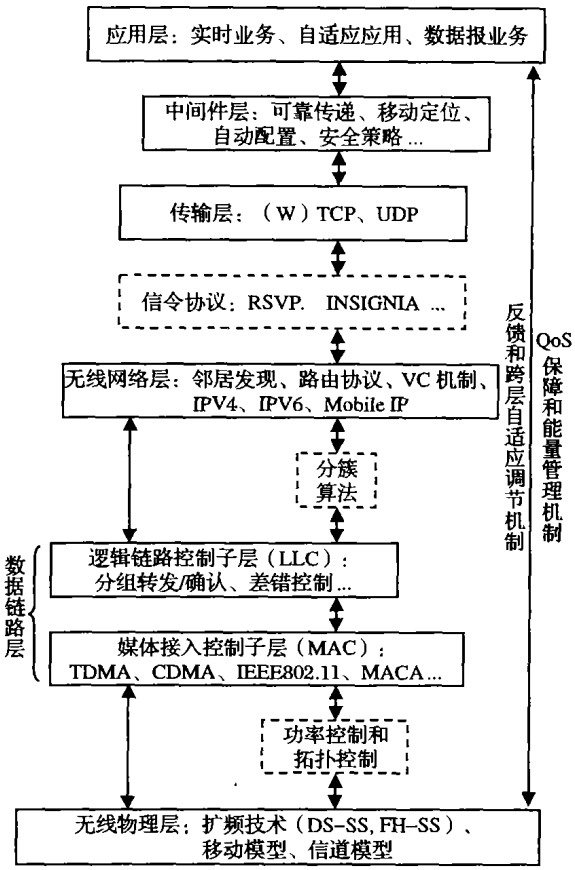

图3 Ad hoc 网络协议栈结构

我们的协议栈模型结构中,虚线方框定义的是可选功能,包括:功率控制机制、分簇算法、信令协议等。图中给出了这些可选功能模块在协议栈中可能出现的位置,具体的位置取决于各功能模块的作用以及与上下层协议的关系。例如功率控制机制可以工作在物理层之上为链路层提供服务;信令协议一般在网络层之上工作为传输层提供服务;而分簇算法可以工作在链路层之上为网络层提供服务。此外,为了优化系统性能,应采用跨层的协议栈设计方法。考虑到 Ad hoe 网络中的能量极其宝贵,各个层也应采用相应的能量保护机制。因为该协议栈是一个通用 Ad hoc 网络协议栈,对于具体的应用场合,该协议栈可以简化,去掉不必要的功能模块或添加新的模块,并根据系统和应用要求作进一步的细化。

和其他模型不同的是,我们的模型增加了中间件层。中间件(middleware)是基础软件的一大类,属于可复用软件的

(下转第 175 页)

(4) WAIT:PCI 接口等待从设备(主机内存)准备好接收数据。从设备准备好后,DMA 写的状态机进入 DATA 态。

(5) DATA:进行 DMA 写操作。若在写的过程中,从设备不能立即完成操作,则 PCI 接口再次进入 WAIT 态。

(6) STOP:在数据传输过程中,若 PCI 总线仲裁器逻辑剥夺了网卡的总线使用权,则网卡不能继续使用 PCI 总线进行 DMA 写操作,网卡的 DMA 写状态机只能从 DATA 态进入 STOP 态;并且,若网卡在 DMA 写的过程中不能立即准备好数据,从而也不能继续进行 DMA 写操作,此时网卡 DMA 写状态机也进入 STOP 态。在 STOP 态,网卡处理释放 PCI 总线使用权的善后操作,然后进入 TURN 态,最后进入 IDLE 态。在 IDLE 态,网卡 DMA 写逻辑重新申请总线的使用权,申请成功后继续进行 DMA 写操作。

(7) TURN:缓冲一拍,继续进行一些善后操作,再进入 IDLE 态。

至此,网卡的 PCI 接口以主模式方式完成了 DMA 写的功能。

3 结语

机群系统以其优异的性能正被应用于越来越多的场合。基于 PCI 接口的网络通信设备成为主流。为提高系统效率,优化性能,笔者在实现信令寻径式高速通信网卡时采用基于 FPGA 的 PCI 接口实现方法,将网卡的逻辑功能与 PCI 接口实现在一个 FPGA 芯片中。本文分析了高速通信网卡对 PCI 接口的要求,实现了 PCI 接口的主/从工作模式。目前,该 PCI 接口逻辑已分别应用于微机与 SMP 机中,使用性能良好。

参考文献:

[1] (美)GREGORY F, FISTER P. In Search of Clusters (Second Edition) [M]. PRENTICE HALL, 1998.

[2] (美) SHANLEY T, ANDERSON D. PCI System Architecture (Fourth Edition) [M]. Addison-Wesley, 2000.2 - 3.

[3] 李贵山, 戚德虎. PCI 总线应用指南[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1996.

[4] 苗克坚, 康继昌, 等. 低度并行系统互连网络交换器的研究与设计[J]. 西北工业大学学报, 1999, 17(12): 159 - 163.

[5] 苗克坚, 等. 微机 PCI 总线接口的研究与设计[J]. 航空计算技术, 1998, 28(1).

[6] 田秀珍, 岳海霞. PCI 局部总线接口设计方法[J]. 山西电子技术, 2001, (4).

[7] 张蕴玉, 胡修林, 等. PCI 总线接口设计及其专用芯片应用[J]. 电子工程师, 2002, 28(2).

[8] 张玉. PCI 总线接口及其可编程逻辑设计[J]. 南京邮电学院学报, 1996, 16(4).

[9] 方粮, 尹佳斌, 等. PCI 总线卡设计与实现的几个关键问题[J]. 计算机自动测量与控制, 2000, (2).

(上接第 164 页)

范畴,是处于操作系统软件与用户的应用软件的中间。中间件在操作系统、网络和数据库之上,应用软件的下层,总的作用是为处于自己上层的应用软件提供运行与开发的环境,帮助用户灵活、高效地开发和集成复杂的应用软件。

在众多的中间件中,消息中间件是一种基本的中间件,适用于任何需要进行网络通信的系统,负责建立网络通信的通道,进行数据或文件发送。利用消息中间件进行通信时,通信的双方通过一系列的消息进行通信。当消息在发送方和接收方之间进行传输时,消息的发送者和接收者不一定同时连接,消息中间件将消息放进某个消息队列中,这个消息队列防止消息在传输过程中丢失。然后由消息中间件将这个消息传输到接收方。接收方的消息中间件在接收到完整的消息后,将消息放到某个消息队列中,并通知接收方到该消息队列中去取消息。但即使发送者和接收者之间的通信不是同时发生的,通信过程中也会有请求/应答的保障机制。

因此,在设计 Ad hoc 网络体系结构时,考虑到 Ad hoc 的无线、移动和自组织的特点,由于无线通信不可靠性和无线连接微弱性和高比特错误率,有线网络中的应用不能在无线网络中正常运行,与有线网络服务相比,无线通信具有通信距离短、传输时延长和传统输速率低的缺点。无线通信的以上限制严重削弱了在计算机和信息技术(尤其是网络和分布式计算)在移动作战和移动救灾中的能力。针对无线通信内在弱点,我们借鉴消息中间件的思想,在传输层和应用层之间增加一层中间件,屏蔽操作系统和网络的低层细节,同时增加通信的可靠性、安全性。

5 结语

Ad hoc 网络是一种特殊的对等式移动网络,它具有无中心、自组织、多跳路由等特点。在军事应用和其他特殊场合有着广泛的应用前景。

参考文献:

[1] MACKER J, CORSON S, FENNER B, *et al.* Mobile Ad-hoc Networks (manet) [EB/OL]. http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html.

[2] IEEE STD 802.11. Wireless LAN Medium access Control(MAC) and physical layer(PHY) specifications[S], 1999.

[3] 3GPP. Opportunity Driven Multiple Access, 3G TR 25.924 V1.0.0 [S].

[4] UMTS. UMTS terrestrial radio access(UTRA): concept evaluation, UMTS: 30.06 V3.0.0[S].

[5] XU SG, SAADAWI T. Does the IEEE 802.11 MAC protocol work well in multihop wireless ad hoc network[J]. IEEE Communication Magazine, 2001, (6), 130 - 137.

[6] CHANDRA A, GUMMALLA V, LIMB JO. Effect of turn-around times on the performance of high speed Ad-hoc MAC protocols[A]. Proc. Networking 2000 Conf[C]. Paris, May 2000. 507 - 517.

[7] BROCH J, MALTZ DA, JOHNSON DB, *et al.* A performance comparison of multi-hop wireless ad hoc network routing protocols[A]. Proceeding of the Fourth Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking[C]. Dallas, TX, October 1998. 85 - 97.