

一种按需式双信道的 Ad Hoc 网络路由方法^{*}

王庆辉¹ 郑贵平² 王光兴²

(沈阳化工学院信息工程学院 沈阳 110041)¹ (东北大学信息科学与技术学院 沈阳 110004)²

摘要 为了提高 Ad Hoc 网络的信道带宽和降低通信时的相互影响,在单信道的 Ad Hoc 网络多路径路由方法基础上,提出了按需式的采用双信道的路由策略。在物理上,整个网络存在两个独立的信道。通过一次路由发现,获得两条节点不相交路径,按照每包分配策略,把数据交替在两个信道的不同路径上进行传输。在提高带宽的同时,降低了数据传输冲突,从而改善网络性能。

关键词 Ad Hoc 网络,双通道,按需式路由

An On-demand Dual-Channel Routing Scheme in Ad Hoc Networks

WANG Qing-Hui¹ ZHENG Gui-Ping² WANG Guang-Xing²

(School of Information & Engineering, Shenyang Institute of Chemical Technology, Shenyang 110041)¹

(School of Information Science & Engineering, Northeastern University, Shenyang 110004)²

Abstract Based on a single channel multipath routing scheme, an on-demand routing scheme called Dual-Channel Routing (DCR) scheme is proposed in this paper. The scheme establishes and utilizes two routes of maximally disjoint paths and distributes them into two different channels respectively. Here, "channel" is used upon a logical level. Physically, a channel can be a frequency band (under FDMA), or an orthogonal code (under CDMA). Then, there is no interference between two routes. A per-packet allocation scheme is used to distribute data packets into two channels of active sessions in our scheme. Even if only one of the two routes of the session is invalidated, the source uses the remaining valid route to deliver data packets in two channels alternately. This traffic distribution efficiently utilizes available network resources and prevents nodes of the route from being congested in heavily loaded traffic situations. The results of simulation show that our scheme has better network performance.

Keywords Ad Hoc, Dual-channel, On-demand routing

1 引言

无线 Ad Hoc 网络的路由协议按工作过程可分为按需式路由协议^[1,2]和表驱动路由协议^[3]两大类。在表驱动路由协议中,节点需周期性地广播路由信息分组来维护全网所有节点的路由。它的优点是当节点需要发送数据分组时,只要去往目的节点的路由存在,所需的延时很小。缺点是路由维护和管理需要花费较大的开销。为了降低控制开销,按需式路由协议仅在需要时才构建和维护路由。这样,相对表驱动路由协议,按需式路由协议路由开销较低。然而,在动态网络中频繁的路由发现过程带来的较高的路由发现时延严重影响了网络性能。一个比较自然的解决方法是采用多路径路由

由^[4~7],即通过一次路由发现过程寻找到多条路径,并把业务同时分配到这些路径中来实现负载均衡。但是这类协议的缺陷在于由于无线传输的广播特点,不同路径可能相互干扰,并且不容易寻找到两条完全不相交路径,网络性能的提升还是有限的^[6]。

信道接入协议(MAC)控制节点如何接入信道,避免节点主机使用共享介质带来的冲突。

协议能否有效地使用有限的信道带宽,将对网络性能产生重要的影响。目前 Ad Hoc 网络中信道接入协议主要采用 802.11 DCF。802.11 DCF 是一种单信道的接入协议,即网络中的所有节点在一个冲突域内。这类协议的缺点是随着网络内节点数目的增多,网络性能快速下降,一种解决办法是采

^{*} 受国家高技术研究发展计划项目(863-701-2-4)、辽宁省教育厅高等学校科技攻关计划项目(20040291)资助。王庆辉 讲师,博士,主要研究领域为 Ad Hoc 网络 QoS 及路由技术。王光兴 教授,博士生导师,主要研究方向为计算机网络。

一种适应性查询处理机制。此机制主要采用了我们提出的 OutrateModel 代价模型,从而能不断适应系统和数据流自身的特征,动态地选择查询计划,最终能有效地提高元组吞吐量、减少时间延迟以及降低查询内存占有量,提高了数据流系统中连续查询的处理效率。

参考文献

1 Babcock B, Babu S, Datar M, et al. Models and issues in data

stream systems. In: Proc. of the 2002 ACM Symp. In Principles of Database Systems, June 2002. 1~16

2 Chandrasekaran S, et al. TelegraphCQ: Continuous Dataflow Processing for an Uncertain World. CIDR(2003)

3 Avnur R, Hellerstein J M. Eddies: Continuously adaptive query processing. In: Proc. of 2000 ACM SIGMOD International Conf.

4 Carney D, et al. Monitoring Streams - A New Class of Data Management Applications. VLDB(2002)

5 Viglas S, Naughton J F. Rate-based Optimization for Streaming Information Sources. In: SIGMOD Conf. 2002

6 Kang J, Naughton J F, Viglas S D. Evaluating Windows Joins over Unbounded Streams. In: Proc. International Conference on Data Engineering(ICDE), 2003

用多个信道^[8]。使用多个信道一方面能在物理上增加信道带宽,另一方面能减低节点冲突的机会,这样能显著提高网络的性能。在多信道介入协议中,信道分配可以采用 FDMA 或 CDMA 方式,技术上是可行的^[8]。这类信道接入协议主要关注两个问题:信道分配和接入控制。信道分配负责为不同的通信节点分配相应的信道,消除数据报文的冲突,使尽量多的节点可以同时进行通信。接入控制负责确定节点接入信道的时机、冲突的避免和解决等问题。但多信道接入协议要对 MAC 协议进行较大的更改,实现较复杂。

针对单信道多路径协议数据传输时的无线干扰,并考虑到多信道信道接入协议的信道接入和分配策略,提出一种基于双信道的路由方法,称为 DCR,并对方法进行了仿真。

2 SMR 协议简述

Sung-Ju^[7]等人提出的 SMR 协议(Split multipath routing)是一种按需式的路由协议。协议由路由发现、数据分配策略和路由维护三部分组成。

源端节点在发送数据包时,先检查是否存在一条从源端到目的端的路径,如果没有,则启动路由发现过程。源端广播出一个路由请求包(RREQ),中间转发节点收到这个 RREQ 包之后检查以前是否收到过此包,如果没有收到,则转发,否则执行转发算法而不是像其他按需式路由协议如 DSR 那样对重复包予以丢弃以防止广播风暴。文^[7]中的仿真结果表明,在中间节点简单丢弃重复包,在目的端得到两条完全不相交路径的几率很低。所以,他们采用了这样的转发算法:如果中间节点收的 RREQ 包来自不同的上一跳节点,但属于同一个 RREQ(相同的源端地址和序列号),并且跳数不大于目前保存的已转发过的此 RREQ 包的跳数,则再次予以转发。这样,一方面尽可能限制网络内广播包的数目,另一方面增大得到不相交路径的机会。当目的端得到第一个 RREQ 请求包时,立即进行路由回复,此时,得到的是最小跳数路径即最短路径。然后等待一段时间,以便接收其他更多的 RREQ 包,并从中选择一条与已得到的第一条路径不相交程度最大的另外一条路径。具体算法为,计算两条路径不共用的节点数,此值越少,表明它们的不相交程度越高。如果多条路径满足此要求,选择跳数少的,如果还有多个路径继续满足此条件,选择最先到达的 RREQ,并按照得到的路径向源端进行路由回复。

在源端得到两条路径的情况下,源端在任何一条路径上都可以进行数据发送。SMR 选择一种较简单的每包(per packet)分配策略,即交替在两个路径上进行数据发送。

链路中节点的移动、信道质量的降低、干扰等都可能使路由中断。源端节点在检测到某个路由中断的情况下,把数据包全部转移到剩下的路径上进行传输,只有在两个路径全部断开的情况下,才重新启动路由发现过程。这样,降低了源端路由建立所需的等待时间,并提高了网络吞吐量。

3 DCR 协议实现

本文假定每个主机节点可同时工作在两个频带上,分别对应信道 A 和信道 B,频带间互相不干扰;网络中的每个节点都装备了 GPS 等位置定位设备,可以知道节点的当前位置、移动速度等信息。两个信道可以采用任何一种 MAC 协议,互不影响。利用信道 A 进行路由计算和路由维护,采用 SMR 协议的不相交路径发现策略,把获得的两条路径分配给信道

A 和信道 B,数据交替在这两个信道上传输。两个路由的维护过程分别在相应信道内进行。当检测到某条路径断开时,源端节点立刻把数据转移到剩下的路由中,并交替在剩下的这条路由路径的两个信道中进行交替发送。

DCR 的实现过程与 SMR 协议基本相同,不同点在于信道的控制策略。在实现中,路由请求包 RREQ 只在信道 A 中传输。目的端在得到第一个路径后,在信道 A 中对源端进行路由回复,然后等待一段时间,以便接收更多的 RREQ 包。在得到不相交程度最大的第二个路径后,在信道 B 中进行路由回复。源端节点根据在不同信道中得到的路由回复包,建立了两个分布在不同信道的路由,然后按照每包发送策略交替在这两个信道上进行数据发送。两个路由的维护过程分别在相应信道内进行。当检测到某条路径断开时,源端节点立刻把数据转移到剩下的路由中,并交替在剩下的这条路由路径的两个信道中进行交替发送。

如图 1 所示,源节点 A 与目的节点 E 通信。虚箭头表示信道 A,实箭头表示信道 B;虚方框和实方框分别表示在两个信道中传输的数据包。在路由发现时获得两条具有最大不相交程度的路径 A→B→C→E 和 A→B→D→E。A→B 之间的链路两条路径共用,两个信道都被利用;而 B→C→E 及 B→D→E 两段路径分别利用了信道 A 和信道 B,数据分别在这两个路径的不同信道中进行传输。在 C→E 间链路断开的情况下,如图 2 所示,采用把源端数据平均分配到 B→D→E 这条路径的两个信道的策略。

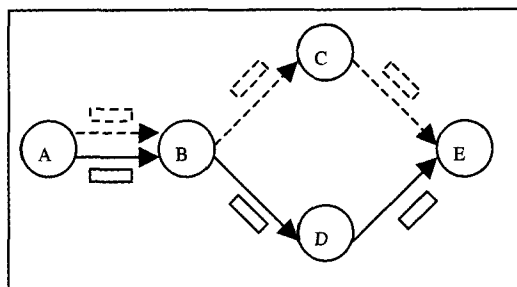


图 1 数据分配在不同路径的不同信道中

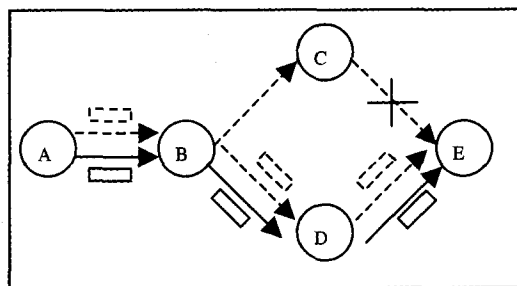


图 2 数据分配在同一路径的不同信道中

虽然系统中存在两个信道,但信道分配策略并没有完全采用在一条路径的两个信道上传输数据的方式。这种方式本文称之为平衡式,即信道的利用完全是对称的,如图 2 中在一条路径失效后的信道分配方式。原因在于 Ad Hoc 网络移动频繁,链路随时都有可能断开,如果采用平衡式,意味着两条路径完全相交,路径中的某个节点故障或移出通信范围对两个路径来说,将造成直接的影响。而采用尽可能不相交的路径,将把上述情况的影响降到最低。

4 仿真及结果分析

对比仿真对象为采用单信道的 SMR 协议,分别在平均端到端延迟、包投递率和归一化路由请求开销三个指标上进行仿真比较。

本文利用 GloMoSim^[9] 仿真平台进行了仿真实验。GloMoSim 系统是专门针对无线移动网络环境的可扩展的仿真工具。仿真参数设置如下:节点主机数 50,随机分布在 2000m×2000m 的方形地理范围内,并按 Waypoint 模型移动。最大移动速度 25m/s,最小移动速度为 0m/s,暂停时间取为 0s,模拟网络拓扑高度动态变化。仿真时间 5 分钟,两个信道 MAC 协议都采用 IEEE802.11 DCF。信号衰减服从 Free Space 模型。节点有效无线传输范围为 250m。应用层业务为 CBR,每个分组 512 字节,发送起始时间随机选择,发送速度 10 个/s,10 个节点为客户端,10 个节点为服务器端。

图 3 说明了平均端到端延迟仿真结果。端到端延迟主要包括在每个节点内的排队延迟和从源端到目的端的传播延迟。DCR 虽然在路由发现阶段采用与 SMR 协议相同的策略,但数据按每包(per packet)的方式分别在不同路径的不同信道中传输。这样,一方面不同信道的传输不存在无线信号间的干扰;另一方面即使路径中的某一段链路断开,由于路由发现获得的是最大不相交路径,还有一个路径承担路由任务,源端仍旧继续数据发送,而且还是在两个信道上。这些因素降低了路由发现时间,减轻了网络负载,降低了包在 MAC 层的排队延迟,也就降低了端到端的延迟时间。从图 3 中可以看出,DCR 比 SMR 有更低的端到端延迟。从图 4 仿真结果可以看出,DCR 的包投递率高于 SMR,并且在网络拓扑变化加剧的情况下,仍维持了较高水平(70%以上),下降不明显。

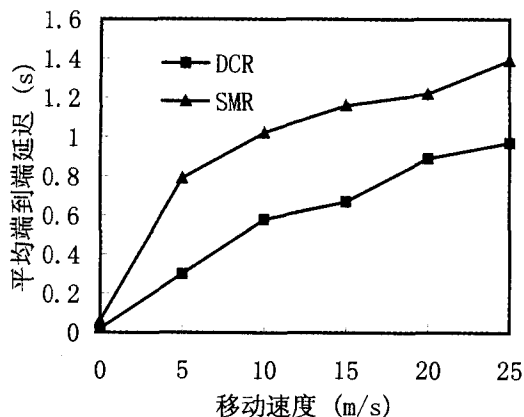


图 3 平均端到端延迟

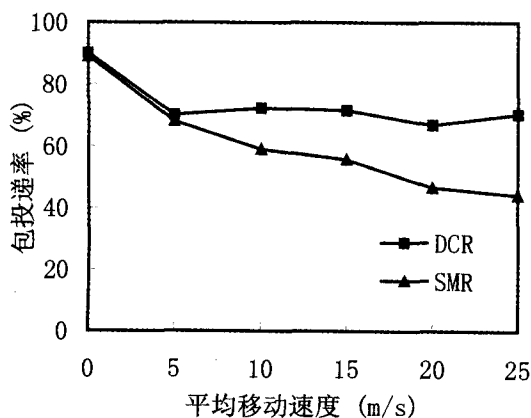


图 4 包投递率

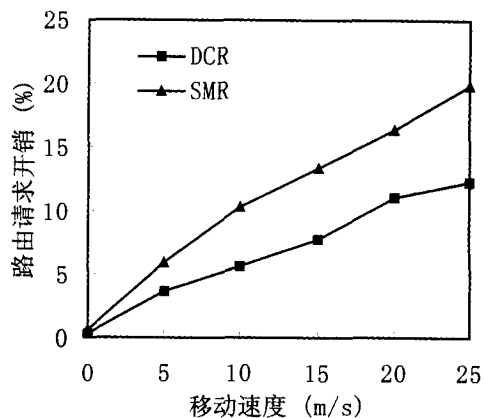


图 5 归一化路由请求开销

图 5 说明,DCR 路由请求开销在所有移动场景中均低于 SMR。在采用双通道的路由策略下,路由更加健壮,节点发起路由请求的次数降低了,成功被投递的数据包比 SMR 协议多,所以,DCR 协议的路由请求开销低于 SMR 协议。

结束语 DCR 是利用信道 A 进行路由计算和路由维护,采用 SMR 协议的不相交路径发现策略,把获得的两条路径分配给信道 A 和信道 B,数据交替在这两个信道上进行传输。两个路由的维护过程分别在相应信道内进行。当检测到某条路径断开时,源端节点立刻把数据转移到剩下的路由中,并交替在剩下的这条路由路径的两个信道中进行交替发送。因为两条路径不相交,由于节点的移动造成其中一条路径断开,另一个路径依旧可以发送数据。信道间互不干扰及路由的健壮性,提高了系统吞吐量并降低了路由计算时间。

参考文献

- Johnson D B, Maltz D A. Dynamic Source Routing in Ad Hoc Wireless Networks. *Mobile Computing*, 1996. 153~181
- Perkins C E, Royer E M. Ad-Hoc On Demand Distance Vector Routing. In: *Proc. of IEEE WMCSA'99*, New Orleans, LA, Feb. 1999
- Perkins C E, Bhagwat P. Highly dynamic destination-sequenced distance-vector routing (DSDV) for mobile computer. In: *Proc. of ACM SIGCOMM'94 [C]*, London UK, 1994. 234~244
- Nasipuri A, Das S R. On-Demand Multipath Routing for Mobile Ad Hoc Networks. In: *Proc. of IEEE ICCCN'99*, Boston MA, Oct. 1999. 64~70
- Wu K, Harms J. Performance study of a multipath routing method for wireless mobile ad hoc networks. In: *Proc. of Ninth International Symposium on Modeling, Analysis and Simulation of Computer and Telecommunication Systems*, Aug. 2001. 99~107
- Cidon I, Rom R, Shavitt Y. Analysis of Multi-Path Routing. *IEEE/ACM Transactions on Networking*. 1999, 7(6): 885~896
- Lee S J, Gerla M. Split multipath routing with maximally disjoint paths in ad hoc networks. In: *Proc. of IEEE ICC 2001*, 2001. 3201~3205
- Wu Shin-Lin, Lin Chin-Yu, Tseng Y C. A New Multi-Channel MAC Protocol with On-Demand Channel Assignment for Multi-Hop Mobile Ad Hoc Networks. *ISPAN 2000*, Dallas, Dec 2000. 232~237
- GloMoSim: A Scalable Simulation Environment for Wireless and Wired Network Systems. <http://pcl.cs.ucla.edu/projects/domains/glomosim.html>