

# 基于 UWB 技术的无线移动多媒体 QoS 路由协议

王继志 王英龙 王美琴

(山东省计算中心, 济南 250014)

**摘要** 随着 UWB 技术的出现, 无线移动多媒体业务在自组网中的应用成为可能。为了满足无线移动多媒体传输的需要, 设计了一种新的针对多媒体业务的 QoS 路由协议, 给出了协议的详细描述。由于该协议充分利用了 UWB 技术的速率和距离互换特性, 考虑了传输速率、时延和链路拥塞程度 3 个 QoS 参数, 并借鉴无线移动自组网基本路由协议 DSR 和 AODV, 因此不仅能够获得满足业务要求的路由, 且能提前预测链路的中断, 以便及时切换替代路由。与目前已提出的基于 UWB 技术的路由协议相比, 该协议更适合于无线移动多媒体业务的传输。

**关键词** UWB 无线移动自组网 多媒体 路由协议 QoS

中图分类号: TN929.5 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2005)11-1394-04

## A Routing Protocol for QoS of Wireless Mobile Multimedia Based on UWB Technology

WANG Ji-zhi, WANG Ying-long, WANG Mei-qin

(Shandong Computer Science Center, Jinan 250014)

**Abstract** With the development of UWB technology, it is possible for wireless mobile multimedia to apply to MANET. The paper designs a new routing protocol for QoS of wireless mobile multimedia. The protocol is described in detail. Consider three parameters of QoS: transmission speed, time delay and jam of link, the protocol is based on the basic routing protocols of MANET-DSR and AODV. The protocol makes use of interconversion between speed and distance in UWB technology. Thus it can not only obtain right route for transmission, but also forecast the halt of link to switch other route. Compared with present routing protocols based on UWB technology, the protocol is more adaptive to the transmission of wireless mobile multimedia.

**Keywords** ultra wide band(UWB), mobile ad hoc networks, multimedia, routing protocol, quality of service

### 1 引言

无线移动自组网 (mobile ad hoc networks, MANET) 是一种由移动节点组成的临时自治系统, 它与传统的移动网络有着根本的不同, 因为它不依赖于任何固定的网络设施, 而是通过移动节点间的相互协作来进行网络互联, 其每一个移动节点既是终端也是路由器, 用于转发相邻节点的报文。这种网络既可以作为 Internet 或蜂窝网络的延伸, 也可

以单独组网, 为特殊情况提供数据传输服务。

然而由于目前无线移动自组网通信存在带宽有限, 传输速度不高、耗能较大使得电池能源有限等问题, 大大限制了无线移动自组网的应用, 特别是对于多媒体业务的传输。而 UWB (ultra wide band) 技术的出现, 使得多媒体业务在无线移动自组网中的应用成为可能。由于 UWB 技术功耗很低, 且短距离数据传输速率可达到 100 ~ 500Mbps, 这将为多媒体业务提供足够的保障。

虽然 UWB 技术提供了技术上的可能性, 但这

基金项目: 山东省自然科学基金资助项目 (Z2003G01)

收稿日期: 2005-08-09; 改回日期: 2005-09-08

第一作者简介: 王继志 (1976 ~ ), 男, 助理研究员。2003 年获山东科技大学硕士学位。主要研究方向为无线网络、网络安全。E-mail:

wangjzh@keylab.net

一优势的发挥仍然需要设计良好的 QoS (quality of service) 协议。本文将在充分研究 UWB 技术优势的基础上,设计了一种考虑 QoS 的路由协议,以满足多媒体业务在无线移动自组网中的应用。

目前对于无线移动自组网路由协议的研究,或者只是考虑 QoS<sup>[1,2]</sup>,或者只是考虑 UWB 技术<sup>[3,4]</sup>,而没有将这两者结合起来,为多媒体业务提供更好的解决方案。

## 2 UWB 技术简介

UWB 作为一种新型的无线通信技术,与传统的通信方式相比有着很大的区别。由于它不需使用载波电路,而是通过发送纳秒级脉冲来传输数据,因此该技术不仅具有发射和接收电路简单、功耗低、对现存通信系统影响小、传输速率高的优点,而且还具有多径分辨能力强、穿透力强、隐蔽性好、系统容量大、定位精度高等优势。具体介绍如下:

### (1) 频谱利用率高

由于 UWB 技术不需要产生正弦载波信号,就可以直接发射冲激脉冲序列,因而具有很宽的频谱和很低的平均功率,因此有利于与其他系统的共存,从而可提高频谱利用率。

### (2) 系统结构简单

UWB 不需要正弦波调制和上下变频,也不需要本地振荡器、功放和混频器等,因此体积小、系统结构比较简单。UWB 信号的处理也比较简单,只需要使用很少的射频或微波器件,而且射频设计简单,系统的频率自适应能力强。

### (3) 成本低

由于将脉冲发射机和接收机前端集成到一个芯片上,再加上时间基和控制器,就可以构成一部 UWB 通信设备,因此其成本低。

### (4) 系统安全性好

由于 UWB 信号射频带宽可以达到 1GHz 以上,它的发射功率谱密度很低,信号可隐蔽在环境噪声和其他信号之中,用传统的接收机无法接收和识别,必须采用与发端一致的扩频码脉冲序列才能进行调制,因此增强了系统的安全性。

### (5) 抗多径衰落能力强

UWB 信号的衰落比较低,有很强的抗多径衰落的能力。

### (6) 系统容量大

UWB 信号的高带宽带来了极大的发射容量,由于 UWB 信号发射的冲激脉冲占空比极低,使系统有很高的增益和很强的多径分辨能力,所以系统容量比其它的无线技术都高。

### (7) 功耗低

由于 UWB 信号的扩频处理增益比较大,即使采用低增益的全向天线,也可使用小于 1mW 的发射功率来实现几公里内的通信。如此低的发射功率延长了系统电源的使用时间,因此非常适合移动通信设备的应用。研究表明,使用 UWB 的手机,其待机时间可达 6 个月,而且其低辐射功率可以避免过量的电磁波辐射对人体的伤害。

### (8) 速率和距离互换

由于 UWB 技术可以在保持发射功率不变的前提下,可以用传输速率来换传输距离,也就是说,可以通过降低传输速率的方法来增加传输的距离,因此,一般无线移动自组网络中 2 个节点通断的概念,在采用 UWB 技术后不再适用,只能说 2 个节点在某个功率发射,某个速率传输的条件下是否可以通信。这样就给路由的选择带来了极大的灵活性。

## 3 QoS 路由协议

由于 UWB 技术中传输速率和传输距离可以互换,因此本协议需要事先定义以下传输速率序列和相应的传输距离序列:

$$v_0 < v_1 < \dots < v_k < \dots < v_n$$

$$s_0 > s_1 > \dots > s_k > \dots > s_n$$

对于多媒体业务,本协议主要考虑传输速率、时延和链路拥塞程度 3 个 QoS 参数。对于某一项多媒体业务,可设定最小传输速率,时延用最大跳数来表示,链路拥塞程度用节点等待处理的分组队列长度表示。

### 3.1 QoS 邻居发现

每个移动节点周期性地广播本节点的信息,在每个周期,节点依次以传输速率  $v_0, v_1, \dots, v_n$  广播信息,当相邻节点收到广播后,就更新自己的邻节点表,记下收到的最大速率。详细通信过程可表示如下:

$$S \xrightarrow{v_0} * : NF, seq, S, v_0$$

...

$$S \xrightarrow{v_n} * : NF, seq, S, v_n$$

其中,  $S$  表示数据包的发送方,  $\xrightarrow{v_0}$  表示以速率  $v_0$

发送, \* 表示该数据包是广播包, 冒号后是数据包的内容,  $NF$  表示该数据包是邻居发现数据包,  $seq$  表示序列号。(下面的表示方法与此相同)

### 3.2 QoS 路由发现

由于无线移动自组网络的拓扑结构和资源都是动态变化的, 这就要求 QoS 路由发现能够尽可能多地发现符合要求的路径, 即要有足够的冗余, 以便在由某些节点移动而导致链路中断后, 能够迅速地切换到备用路径。

当某个移动节点产生多媒体业务时, 采用泛洪的方式向全网发出 RREQ(route request), 其中包含该项业务所需的最小传输速率  $v_k$  和最大跳数  $hop$ 。相邻节点接收到该 RREQ 后, 检查是否已达到最大跳数, 是, 则丢弃该报文; 否则, 按照传输速率  $v_k$  转发该 RREQ, 并将自己的地址记入报文。

当目的节点收到 RREQ 后, 则根据报文中记录的路径, 从邻节点表中查找与前一个节点的最大传输速率  $v_0$  ( $i_0 \geq k$ ), 并以该速率向前一个节点发送 RREP(route reply)。中间节点收到 RREP 后, 根据报文中记录的路径, 从邻节点表中查找与前一个节点的最大传输速率  $v_i$  ( $i_i \geq k$ ), 并以该速率向前一个节点转发 RREP, 直到源节点收到 RREP 为止。同时把报文中的路由信息记入路由表。

详细过程表示如下:

$$\begin{aligned}
 S &\xrightarrow{v_k} * : RREQ, seq, S, D, v_k, hop \\
 B &\xrightarrow{v_k} * : RREQ, seq, S, D, v_k, hop - 1, B \\
 C &\xrightarrow{v_k} * : RREQ, seq, S, D, v_k, hop - 2, B, C \\
 D &\xrightarrow{v_{i_0}} C : RREP, seq, D, S, hop - 2, (C, v_{i_0}), B \\
 C &\xrightarrow{v_{i_1}} B : RREP, seq, D, S, hop - 2, (C, v_{i_0}, q_c), (B, v_{i_1}) \\
 B &\xrightarrow{v_{i_2}} S : RREP, seq, D, S, hop - 2, (C, v_{i_0}, q_c), (B, v_{i_1}, q_B), v_{i_2}
 \end{aligned}$$

其中,  $seq$  表示序列号, 以防止形成路由环路,  $q$  表示该节点等待处理的分组队列长度, 下标表示该节点。 $v_0, v_{i_1}, \dots$  表示在一条路径上, 相邻节点的实际最大传输速率。

### 3.3 QoS 路由选择和建立

由于在路由发现阶段是采用泛洪的方式来进行寻址, 所以源节点的一个 RREQ 可能经过多条路经到达目的节点, 如果目的节点对每个具有相同序列

号和源节点的 RREQ 都发送 RREP 作为应答, 那么源节点就可能得到多个可用的路由, 但究竟选择哪条路径作为主路径, 选择哪条路径作为备用路径, 就成为 QoS 路由选择和建立所要解决的问题。

从收到的 RREP 中, 源节点可以获得整条路径的跳数、相邻节点的传输速率和节点的分组队列长度。这就需要根据一定的策略和业务类型, 决定最优路径以及次优路径。

因此, 对于多媒体业务而言, 最短路径并不一定是最优路由, 由于每个节点承载的业务量不一样, 传输速率不一样, 当一个已经积压了较多数据的节点正好处于一个最短路由上时, 选择该节点作为中转节点显然是不明智的, 因此, 就某种具体情况而言, 需要给出一个最优函数来计算最优路径, 下面给出了一个式子作为例子:

$$f(k) = \sum_{i=1}^k \frac{q_i + 1}{v_i}$$

从式中可以看出, 分组队列  $q$  越大,  $f$  越大; 传输速率  $v$  越小,  $f$  越大; 路径上节点数  $k$  越大,  $f$  越大。 $q + 1$  是为了防止当  $q = 0$  时无法区分  $v$  的大小。求该式的最小值, 就可以得到最优路径。当然, 该式仅供参考, 在具体应用时, 可以根据具体情况, 通过设置不同的最优函数来计算最优路径。同时, 也可以根据该函数计算次优路径, 作为备用路由。

当路由选定后, 可以通过端到端的询问和应答机制来确认路由的建立, 即源节点通过选定的路由向目的节点发送一个端到端的发送请求 (request to send, RTS), 若目的节点收到该请求则按反向路由发送一个应答 (content to send, CTS), 当源节点成功收到 CTS 后即可进行业务传输。

### 3.4 QoS 路由维护

由于网络节点的移动性, 路径上的节点随时可能离开, 所以在一条路径建立起来后, 其可靠性是随着时间的推移而逐渐降低的, 这对于业务传输是很大的威胁, 因为无论在路由发现、选择和建立过程中使用多么完善的算法, 都不能保证在服务过程中不会因为节点的移动而导致路由中断, 因此需要对建立起来的 QoS 路由进行维护。

对于多媒体业务, 应尽量保证在服务期内路由不发生大的或频繁的变动, 因为这可能导致传输时延的变化, 即造成时延抖动, 也可能导致部分数据到达目的节点时是乱序的。这对于多媒体业务是无法忍受的, 所以需要路由协议对于链路的中断能够及

时发现并修复。

假设提供 QoS 路由的某一节点  $B$  以传输速率  $v_i$  与其下游节点  $C$  通信,若在某一周期内,节点  $B$  收到的节点  $C$  的广播包中最大速率为  $v_{i-1}$ ,则节点  $B$  可以判断节点  $C$  正在远离节点  $B$ ,而且节点  $B$  可以预测在某一时刻节点  $B$  与节点  $C$  的链路可能会中断。那么,节点  $B$  应立即降低与节点  $C$  的通信速率,以保证链路的畅通。同时,节点  $B$  查找自己的路由表,看是否有到目的节点的其他路径,并且该路径满足 QoS 要求,若有,则节点  $B$  建立该条路由,并当节点  $B$  与节点  $C$  的通信速率低于某一门限值时,立即切换该条路径;若没有,则节点  $B$  向源节点  $S$  发送路由错误消息,当源节点  $S$  收到后,则检查备用路由是否仍然有效,若有效,则建立该路径,当节点  $B$  与节点  $C$  的通信速率低于某一门限值时,则节点  $B$  发送路由错误消息,源节点  $S$  收到后立即切换成备用路由;若备用路由无效,则源节点  $S$  重新发起路由发现过程,以建立有效路由。

从上面的过程可以看出,在链路的通信速率低于某一门限值以前,节点可以提前发现和预测,这样,节点就有一定的缓冲时间来寻找满足 QoS 要求的替代路由,这就保证了多媒体业务能够连续、稳定地传输。

## 4 性能分析

从整个协议的运行过程可以看出,本协议借鉴了无线移动自组网的基本路由协议 DSR (dynamic source routing)<sup>[5]</sup> 和 AODV (ad hoc on-demand distance vector routing)<sup>[6]</sup> 的优点,并采用了源路由的方式,同时考虑了 3 个 QoS 参数来进行路由寻址。另外,协议中还引入了 AODV 的邻居发现机制,但由于加入了 QoS 参数,使得相邻节点间可以以最大传输速率来通信,而且,邻居发现机制使得节点可以提前判断链路的中断,这就为路径的切换提供了一定的缓冲时间,以保证多媒体业务不受影响。

文献[3]给出了一个基于 DSR 的路由协议 UWBSR。该协议基于基本路由协议 DSR,同时综合考虑功率消耗、传输速率和传输距离,并通过通过对这几个指标的检测来提高网络的连通性和改善网络性能。该协议规定包头中包含节点的位置信息,当收到数据包时,就可根据包头信息更新节点的拓扑和位置信息,并根据各自的位置信息转发数据包。

文献[4]给出了一个基于位置敏感的路由策略,该策略只考虑节点位置,而没考虑功率和传输。该文对基本路由协议 DSR 采用了该策略,并进行了仿真。仿真结果表明,该策略能够显著地提高网络性能。

上述两个路由协议虽然考虑了 UWB 技术的优势,并且结果也表明,与传统无线移动自组网的路由协议相比,它们的性能有了显著提高,但对于多媒体业务来说,由于它们并没有考虑 QoS,其所选路由并不一定满足业务的 QoS 要求,因此这两个路由协议并不适于多媒体业务的传输。

## 5 结 论

(1) 本文针对无线移动多媒体业务提出了一种新的基于 UWB 技术的无线移动自组网 QoS 路由协议,该协议充分考虑了 UWB 技术的优势和多媒体业务的特殊要求,并给出了协议的详细描述。

(2) 与目前已提出的基于 UWB 技术的路由协议相比,该协议更适合于多媒体业务,并且该协议能够提前预测链路的失效,能保证多媒体业务在无线移动自组网中的传输不受影响。

## 参考文献 (References)

- 1 SUN Bao-lin, LI La-yuan. A QoS Based Multicast Routing Protocol in Ad Hoc Networks [J]. Chinese Journal of Computers, 2004, 27(10):1402 ~ 1407. [孙宝林,李腊元. Ad Hoc 网络 QoS 多播路由协议[J]. 计算机学报,2004, 27(10):1402 ~ 1407.]
- 2 YAO Yin-xiong, WANG Hao-xing. MAQF: A New Adaptive QoS Framework for Mobile Ad-Hoc Networks [J]. Acta Electronica Sinica, 2002, 30(5):727 ~ 730. [姚尹雄,王豪行. MAQF: 一种新的移动 Ad-Hoc 网络自适应 QoS 结构框架[J]. 电子学报,2002, 30(5):727 ~ 730.]
- 3 Hu Chia cht, Lai K Robert. A DSR-based Routing Algorithm for UWB Ad-Hoc Networks[A]. In: Active Networking Workshop[C] Taoyuan County, Taiwan, China, 2004.
- 4 Luca De Nardis, Guerino Giancola, Maria Gabriella Di Benedetto. A position based routing strategy for UWB networks [A]. In: IEEE Conference on Ultra Wideband Systems and Technologies [C], Reston, Virginia, USA, 2003: 200 ~ 204.
- 5 Johnson D B, Maltz D A, Hu Yin-chun. The dynamic source routing protocol for mobile ad hoc networks(DSR) [EB/OL]. <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-dsr-10.txt>, 2004.
- 6 Perkins Charles E, Elizabeth M. Belding-Royer, Das Samir R. Ad hoc on-demand distance vector (AODV) routing [EB/OL]. <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-aodv-13.txt>, 2003.