

一种基于BER模式的蓝牙网数据传输算法

莫北健, 桑楠, 铁兵

(电子科技大学计算机科学与工程学院 成都 610054)

【摘要】分析了蓝牙网在不同BER模式条件下的数据传输情况,提出了一种基于物理链接层BER模式的蓝牙网络的自适应数传算法。按照蓝牙网数据包的ACL分组,在不同BER模式条件进行了数据传输实验,实验结果分析表明该算法能显著改善蓝牙网数据传输效率。

关键词 蓝牙; 数据传输算法; BER模式
中图分类号 TP393.17 文献标识码 A

A Bluetooth Network Data Transmission Algorithm Based on BER Model

MO Bei-jian, SANG Nan, TIE Bing

(School of Computer Science and Engineering, University of Electronic Science and Technology of China Chengdu 610054)

Abstract The paper analyses the bluetooth network's performance of data transmission in various BER model and presents a new kind of bluetooth network adaptive data transmission algorithm, based on BER model of physical link layer. According to the data transmission experiments based on the bluetooth network ACL packet in difference BER model, it is proved that the algorithm improves the efficiency of bluetooth network data transmission.

Key words bluetooth; data transmission algorithm; BER model

蓝牙技术是一种无线数据与语音通信的全球开放性技术。蓝牙技术规范1.0版本,最大数据速率1 Mb/s,采用时分双工(TDD)实现数据传输,最大传输距离10~100 m。

目前,蓝牙技术研究的一个热点是组建Ad Hoc网络:利用蓝牙技术组成微微网(piconet),微微网间通过桥节点(bridge)互连,形成多跳的Ad Hoc(自组网)网络,也称为蓝牙散射网(scatternet)。

国内外对Ad Hoc网络的研究主要集中在以下三方面:

(1) 基于Ad Hoc网络的不同方式的媒体接入控制(MAC)协议。主要解决隐藏终端和暴露终端问题,影响比较大的有:MACA协议^[1]、MACAW协议^[2]、以及一些改进类的MAC协议。

(2) 新的路由协议。这是在无线Ad Hoc网络路由方面面临的主要挑战,其核心思想是尽可能减少路由信息可能造成的广播风暴。当前普遍得到认可的代表性成果有:DSDV(目的排序距离矢量)协议^[3]等。目前,路由协议的研究仍然是Ad Hoc网络成果

最集中的部分。

(3) Ad Hoc网络的调度策略。当前的蓝牙散射网研究由于受到蓝牙传输带宽的限制,在蓝牙V1.0与V1.1版本中最大传输速率为1 Mb/s,在V1.2的DER数据传输速率增强版本中提高到3 Mb/s。因此,采用高效的数据传输算法提高其数据传输过程中的有效传输速率是备受关注的焦点之一。主要研究成果有:RR(循环轮询)调度策略、FEP(公平彻底轮询)策略^[4],以及其他一些业务调度改进策略。

以上的研究基于充分利用链路的假设条件进行,但因实际数据传输中链路利用率偏低,难以在实际环境中进行模拟。本文提出了一种基于BER模式的数传算法,部分解决了在实际数据传输过程中链路利用率偏低的问题。

1 蓝牙网络数据传输分析

1.1 蓝牙网络的结构

微微网是实现蓝牙无线通信的最基本方式。每个微微网只有一个主设备,一个主设备最多可以同

收稿日期:2005-04-11

作者简介:莫北健(1976-),男,硕士,主要从事嵌入式技术、无线网络方面的研究;桑楠(1964-),男,教授,主要从事嵌入式技术方面的研究;铁兵(1973-),男,双学士,主要从事计算机应用方面的研究。

时与七个从设备同时进行通信,多个蓝牙设备组成微微网如图1所示。

散射网是多个微微网相互连接所形成的比微微网覆盖范围更大的蓝牙网络,其特点是不同的微微网之间有互联的蓝牙设备,如图2所示。



图1 多个蓝牙设备组成微微网(Piconet)

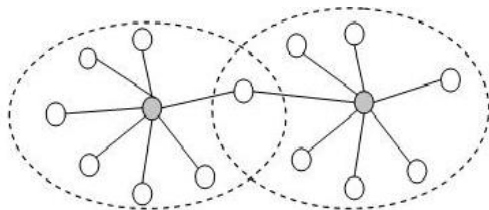


图2 多个微微网组成散射网(Scatternet)

虽然每个微微网只有一个主设备,但从设备可以基于时分复用机制加入不同的微微网,而且一个微微网的主设备可以成为另外一个微微网的从设备。每个微微网都有其独立的跳频序列,它们之间并不跳频同步,由此避免了同频干扰。

1.2 蓝牙物理层链路

蓝牙技术规范规定在主设备和从设备之间,可以建立两种不同类型链路:同步链路(Synchronous Connection-Oriented, SCO)和异步链路(Asynchronous Connection-Less, ACL)。

SCO链路是主设备与从设备之间点对点链路,主设备通过使用规则间隔的保留时隙运行SCO链路,其传输速率为64 kb/s,用于支持语音通讯。每个主设备最多同时支持三路SCO链路。

ACL链路是指在非SCO保留时隙,主设备以时隙为单位与从设备进行数据分组交换。主设备与一个从设备之间只能存在一条ACL链路,每个主设备最多同时支持七个从设备。对于多数ACL分组,采用分组重传保障数据完整性和正确性。ACL链路建立后,主设备和从设备以时分复用方式,交替传输分组。主设备仅在偶数时隙开始传输分组,从设备仅在奇数时隙开始传输分组。由主设备或从设备分组传输可选1个时隙、3个时隙、5个时隙的传输方式。

1.3 蓝牙ACL分组传输

蓝牙ACL分组数据包分为中数据速率类型(Data Medium, DM)和高数据速率类型(Data High, DH)。DH包使用较少的错误纠正来获得较高的数据传输率。

在一个单时隙包内,需要传送72 b微微网访问码以及54 b数据包报头,以及包与包之间需要一个220 μ s的防护频带,因此,在实际传输的无线接口上所获得的数据传输率远小于最大的原始数据传输率1 Mb/s^[5]。

在不同的时隙传输方式(DH1、DH2、DH3)中,蓝牙数据包的有效载荷比例如表1所示^[5]。

表1 数据包有效载荷比

每数据包时隙数	1个时隙	3个时隙	5个时隙
有效载荷比例	1/3	7/9	13/15

由此可见,尽可能采用大时隙方式进行数据传输,可以通过较高的有效载荷,达到提高蓝牙网整体通讯性能的效果。

2 基于BER模式的数据传输算法

在蓝牙应用的数据传输中采用比特误码率(Bit Error Rate, BER)进行描述传输的质量,BER值越大表示通讯过程中误码率越高。当前蓝牙应用中采用的数据传输算法,为简化蓝牙网的连接管理,未考虑具体通讯链路中BER的变化,在整个传输过程中均采用单一链路帧方式,导致传输效率不高。

在实际通讯过程中由于周边环境的噪声影响,使得采用单一时隙模式进行数据通讯得到的效果并非最优。若采用BER参数描述当外界环境变化,并根据BER参数动态选用不同类型的数据包,可改善在环境变化剧烈时造成数据传输大幅下降的情况。

在蓝牙协议中^[5],通过调用Get_Link_Quality函数可以获取当前链路通讯质量信息,其值范围在0~255之间,值越大表示信道质量越好,并允许自定义衡量链路质量的标准将它映射到0~255之间的数值上。

基于文献[6]的CSR芯片数据模拟结果,可以将BER模式划分成为四个区分段,在进行数据传输过程中,通过对链路通讯质量的实时侦测,根据累计一段时间内的链路通讯质量状况选用较好的帧模式进行数据传输。

根据上述分析,为改善蓝牙网络的数传效率,本文所提出的一种基于BER模式的自适应数传算法描述如下:

(1) 采用Get_Link_Quality()函数获取BER当前状态值。

(2) 统计该段时间内的平均BER状况。

(3) 进行统计结果的分析, 并调整传输方式:
 若 $BER < 0.000\ 152\ 9$, 则选用DH5方式进行数据传输;
 若 $0.000\ 152\ 9 \leq BER < 0.006\ 079\ 5$, 则选用DH3方式进行数据传输;
 若 $0.006\ 079\ 5 \leq BER < 0.015\ 781\ 3$, 则选用DH1方式进行数据传输;
 若 $0.015\ 781\ 3 \leq BER$, 则选用DM1方式进行数据传输。
 (4) 返回(1), 继续下一次计时统计与调整传输模式。

在算法中当出现最糟糕情况时, 则采用DM1方式带FEC纠错的最短时隙数据包进行数据传输, 其余采用高速无FEC纠错的DH1、DH3、DH5方式进行数据传输。

3 算法的效率实验与分析

在本文实验环境中, 采用P41.8 G的PC机安装Redhat Linux9.0 作为蓝牙网主设备, 通过安装Bluetake BT007X USB Adapter的七台便携式电脑作为从设备, 另有25台带蓝牙设备的PDA和掌上电脑共同组成蓝牙ACL分组数据传输实验网。

当分别采用DH1、DH3、DH5的单一时隙方式进行ACL分组传播时, 通过分别连接1~7个从设备进行数据下载传输, 每种状态测试30 min, 得到数据传输速率测试结果如图3所示。从图3的测试结果中可以发现: 当从设备的连接数量从1台增加到7台时:

- (1) 若采用DH5时隙方式则数据传输总速率由 $520.64\ \text{KB}\cdot\text{s}^{-1}$ 降至 $43.89\ \text{KB}\cdot\text{s}^{-1}$, 下降91.57%;
- (2) 若采用DH3时隙方式则数据传输总速率由 $421.45\ \text{KB}\cdot\text{s}^{-1}$ 降至 $60.88\ \text{KB}\cdot\text{s}^{-1}$, 下降85.55%;
- (3) 若采用DH1时隙方式则数据传输总速率由 $142.33\ \text{KB}\cdot\text{s}^{-1}$ 降至 $89.12\ \text{KB}\cdot\text{s}^{-1}$, 下降37.38%。

其根本原因在于, 当采用多时隙方式时, 在传输分组期间跳变射频不变, 因此受到其他信号源干扰概率增加, 造成发送数据的冲突可能性增大, 传输过程中比特误码率增大, 实际数据传输速率急剧下降。

图4为采用本BER模式数传算法的测试结果。从所测试结果可知, 使用增强算法之后, 数据传输效果得到了明显改善。以从设备数为7时的传输率为例, 对照图3单纯采用DH1数据包传送, 本文算法提高了 $128.42\ \text{KB}\cdot\text{s}^{-1}$, 提高近1.5倍。

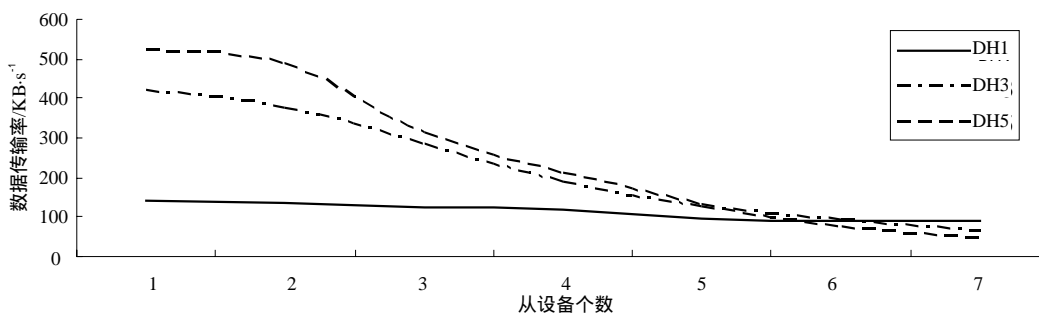


图3 单一时隙数传测试结果图

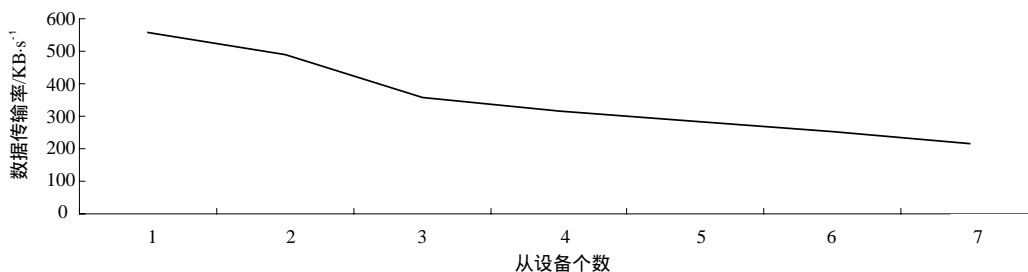


图4 采用BER模式算法的实测数据记录

(下转第635页)

率和平均包延迟性能曲线,验证了文献[4]从工程角度所推荐的硬实时CAN系统中总线利用率20%~30%的结论。本文所介绍的时间触发CAN总线系统充分利用时间触发机制与事件触发机制的优点,不仅保证了周期消息的实时传输,而且通过异步相带宽利用率的恰当选择,对实时非周期消息也能满足相应的硬实时需求,整体上提高了带宽利用率。

参 考 文 献

- [1] LEEN G, HEFFERNAN D. TTCAN: a new time-triggered controller area network[J]. *Microprocessors and Microsystems*, 2002, 26(2): 77-94.
- [2] 刘鲁源, 万仁君, 李 斌. 基于TTCAN协议的网络控制系统静态调度算法的研究[J]. *控制与决策*, 2004, 19(7): 813-836.
- [3] SEUNG H H. Scheduling algorithm of data sampling times in the integrated communication and control systems[J]. *IEEE Transaction on Control Systems Technology*, 1995,

3(2): 225-230.

- [4] KHAWAR M Z, KANG G S. Design and implementation of efficient message scheduling for controller area network[J]. *IEEE Transactions on Computer*, 2000, 49(2): 182-188.
- [5] SEUNG H H, IN-HO C. Experimental evaluation of a bandwidth allocation scheme for foundation fieldbus[J]. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 2003, 52(6): 1787-1791.
- [6] 林 闯. 计算机网络与计算机系统性能分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.
- [7] 林 闯. 随机Petri网的分解和压缩技术[J]. *软件学报*, 1997, 8(7): 541-548.
- [8] INDEMANN C. DSPNexpress[EB/OL]. <http://kj.tju.edu.cn/other/DSPNexpress.htm>, 2005-05-20.
- [9] AJ J. The art of computer systems performance analysis: techniques for experimental design, simulation and modeling[M]. New York: Wiley-Interscience, 1991.

编 辑 漆 蓉

(上接第627页)

4 结 论

本文在分析不同BER模式条件下蓝牙网数据传输情况的前提下,提供了一种基于BER模式的数传算法:在数据传输层中依据BER模式的不同状态及时调整数据包传送的模式。通过实验分析,该算法减少了外界环境条件对数据传输的影响,有效地提高了数据传输的效果。

参 考 文 献

- [1] KARN P. MACA: A new channel access method for packet radio[C]// ARRL / CRRL Amateur Radio 9th Computer Networking Conference, ARRL. [S.l.]: [s.n.], 1990: 134-140.

- [2] BHARGHAVAN V, DEMERS A, HENKER S. A media access protocol for wireless LANs[C]//ACM Sigcomm'94. London, UK: [s.n.], 1994.
- [3] BHAGWAT C P P. Highly dynamic destination-sequenced distance vector routing (DSDV) for mobile computers[C]// ACM SIGCOMM'94. [S.l.]: [s.n.], 1994: 234-244.
- [4] RACHID A Y, GEERT H. Polling in bluetooth-a simplified best effort case[C]//CTIT Workshop on Mobile Communications: Polling in Bluetooth-a Simplified Best Effort Case, ISBN 90-3651-546-7, Enschede. Netherlands: CTIT Workshop, 2001.
- [5] CHEN L J, KAPPOR R, SANADIDI M Y, et al. Enhancing bluetooth TCP throughput via link layer packet adaptation [C]// The 2004 IEEE International Conference on Communications (ICC 2004). Paris, France: [s.n.], 2004.

编 辑 刘文珍