

一种高效节能的无线体域网 MAC 层协议

谢语天^{1,2}, 王 珺^{1,2}, 闵建民^{1,2}, 司桂静^{1,2}

(1. 南京邮电大学 宽带无线通信与传感网技术教育部重点实验室, 江苏 南京 210003;
2. 南京邮电大学 江苏省无线通信重点实验室, 江苏 南京 210003)

摘 要:随着无线传感网技术、可穿戴和可植入生物传感器技术的快速发展,可穿戴式和可植入式无线设备可用于远程监控体征信息。为了连接附着于人身上、植入人体内部的节点和存在于人体周围的设备,无线体域网应运而生。在无线体域网中,MAC 协议负责节点的冲突检测与处理,优先级控制、时隙分配以及节点传输顺序,故 MAC 协议的设计在无线体域网的可靠性和能效性上发挥着核心作用。文中提出了一种基于 IEEE 802.15.6 高效节能的 MAC 协议(HE-MAC)。该协议采用动态化的优先级控制、时隙分配机制、不同接入期长度的动态比例分配等措施实现低时延、低功耗情况下的数据可靠传输。最后通过利用 OMNet++ 仿真平台,对 HE-MAC 协议、IEEE 802.15.6 MAC 协议以及 CA-MAC 协议在网络性能方面进行了对比分析。仿真结果表明,所提出的 MAC 层协议在吞吐量、能耗、时延方面均优于 IEEE 802.15.6 MAC 和 CA-MAC 协议。

关键词:无线体域网;IEEE 802.15.6 MAC;高效;节能;可靠

中图分类号:TP31

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2015)12-0091-06

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.12.021

A Highly-efficient Energy-saving Wireless Body Area Network MAC Protocol

XIE Yu-tian^{1,2}, WANG Jun^{1,2}, MIN Jian-min^{1,2}, SI Gui-jing^{1,2}

(1. Key Lab of Broadband Wireless Communication and Sensor Network Technology of MoE of NJUPT, Nanjing 210003, China;
2. Jiangsu Key Lab of Wireless Communication of NJUPT, Nanjing 210003, China)

Abstract: With the rapid development of wireless sensor network technology, wearable and implantable biosensor technology, wearable and implantable wireless equipment can be used for remote monitoring signs information. To link the nodes and equipment which are attached with person skin, implanted in person and surround people, wireless body area network arises at the historic moment. In WBAN, MAC protocol is responsible of conflict detection and processing, priority control, timeslot assignment, transmission order etc. So the design of MAC protocol plays an important role in the reliability and efficiency of WBAN. In this paper, propose a high efficiency and energy-saving MAC protocol (HE-MAC), which is based on IEEE 802.15.6. The protocol adopts dynamic priority control, dynamic time-slot allocation mechanism, dynamic proportion allocation mechanism of different access period length to achieve reliable transmission in the situation of low latency and low power consumption. By using the OMNet++ simulation platform, evaluate the network performance of AD-MAC protocol, IEEE 802.15.6 MAC protocol and CA-MAC protocol. The result of simulation shows that the proposed MAC protocol is superior to IEEE 802.15.6 MAC and CA-MAC in terms of throughput, power consumption and time delay.

Key words: wireless body area network; IEEE 802.15.6 MAC; high-efficiency; energy-saving; reliability

0 引 言

无线体域网^[1] (Wireless Body Area Network, WBAN)是由附着于人身上、植入人体内部的节点和

存在于人体周围的设备^[2]相互连接形成的无线网络,该网络监测人体体征信息和运动^[3-4]。这些监测信息可由个人电子设备如 PDA 或作为 sink 的智能手机所

收稿日期:2015-03-05

修回日期:2015-06-10

网络出版时间:2015-11-04

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61401234,61372125);江苏高校优势学科建设工程资助项目

作者简介:谢语天(1990-),男,硕士研究生,研究方向为无线体域网技术;王 珺,副教授,研究方向为宽带网络技术、传感器网络以及网络安全。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20151104.0953.080.html>

收集,并将它们传送到医疗机构,由医疗保健专业人士进行分析^[5]。由于 WBAN 可与其他数据通信网,比如其他人的 WBAN、无线接入网络、移动通信网等相互连通,故 WBAN 将把人体变成通信网络的一部分,从而真正实现网络的泛在化。可穿戴的计算和无所不在的计算也将随着 WBAN 的普及应用成为可能。

无线体域网主要应用于医疗方面^[6-7]。医疗应用利用这些设备连续收集病人重要的体征信息,并将其发送到远程监测站以便进一步的分析。故 WBAN 可将监控、自动诊断、报警和紧急服务以及电子病历数据库的管理整合为一个系统为病人提供高效、便捷的医疗服务^[8-9]。

各种医疗用途的数据有着不同的传输周期和传输需求^[8]。非紧急的信息和非实时信息仅需要尽最大努力的交付。重要的生命体征信息和实时信息则需要以最低延时传输,并且应该减免数据碰撞和丢包。另一个需要关注的是医疗信号之间具有高度的相关性和耦合性。

上述两点表明,无线体域网的资源分配必须基于用户的医疗情况,需要使用智能和动态的资源分配机制,对节点进行自适应的资源分配,使其高效地使用信道以满足不同情况的要求。

文中将基于 IEEE 802.15.6 协议提出一种高效节能的 MAC 协议。该协议将提高无线体域网在能耗、时延、吞吐量和紧急情况处理等方面的性能。

1 无线体域网 MAC 协议的研究进展

1.1 IEEE 802.15.6 协议概述

为了 WBAN 的蓬勃发展,推进近距离无线通信标准化的工作就十分重要了。2007 年,IEEE 802 组建立了 IEEE 802.15.6 工作组负责 WBAN 的标准化工作^[10]。历时 5 年,IEEE 于 2012 年 3 月发布 IEEE 802.15.6 标准的正式版本^[11],其主要内容规定了 WBAN 的物理层和 MAC 层的基本结构,该标准还指出 WBAN 的网络拓扑、加密认证安全方面的实现方式。

IEEE 802.15.6 为 WBAN 定义了物理层(PHY)、媒体接入层(MAC)和安全规范。它对于不同的物理技术,支持多种频段的使用。它允许设备以非常低的传输功率运行、工作,一方面可减免电磁辐射对人体的伤害,另一方面可增加电池寿命,延长网络的生存期。它支持 QoS,具有紧急传输机制,对于重要的消息可优先处理,并保证低延时、高可靠性。

在无线体域网中,整个信道被划分为超帧结构。每个超帧由相同长度的信标期作为定界符。每个超帧被划分为 9 个接入期,它们是信标(Beacon)、独占接入期 1(EAP1)、随机接入期 1(RAP1)、管理接入期、独占

接入期 2(EAP2)、随机接入期 2(RAP2)、管理接入期(MAP)、信标 2 和竞争接入期(CAP)。

超帧中各个接入期的接入机制被划分为 3 类:随机接入机制,使用 CSMA/CA 或时隙 Aloha 接入机制进行资源分配;按计划接入机制及其变体(面向连接的非竞争接入),使用 TDMA 机制;临时的、非计划的接入机制(无连接的非竞争接入),使用非计划的轮询/请求机制进行资源分配。

独占接入期、随机接入期和竞争接入期中的时隙分配均采用竞争机制,即 CSMA/CA 或带时隙的 Aloha 接入。管理接入期采用基于调度的接入机制,中心节点根据信道状况和传输需求为传感节点分配传输时隙,每个传感节点只能在所分配到时隙中传输数据,其他时段将处于休眠状态。

综上所述,IEEE 802.15.6 MAC 协议采用混合型的超帧结构,既包含采用 CSMA/CA 或带时隙的 Aloha 的竞争接入期,又包含基于 TDMA 的非竞争接入期。在该协议中,根据传输数据的类型将数据包分为两种:紧急数据包和普通数据包。紧急数据包在非竞争接入期中传输,普通数据包在竞争接入期中传输,这样可以保证紧急数据包的 QoS 的可靠性。

1.2 其他相关 MAC 协议

在文献[12]中,提出了一种基于情景感知的 MAC 协议(CA-MAC)。该协议采用混合型超帧结构,根据流量感知进行时隙分配,根据信道感知进行接入策略分配。CA-MAC 可根据每个节点的传输速率和数据类型动态安排非竞争接入期的时隙分配。CA-MAC 可根据丢包率对网络的影响程度对竞争接入期和非竞争接入期的长度比例进行动态调节。CA-MAC 的不足有以下几点:第一,对于不同的节点类型和传输速率并未在竞争接入期中进行区别对待;第二,在非竞争接入期中,节点是依次进行传输。在这种时隙分配策略下,后面的节点需要等待前面的节点传输完成后才能传输,这样容易造成后面的节点缓存溢出。

2 一种高效节能的 MAC 层协议—HE-MAC 协议

IEEE 802.15.6 MAC 协议的两种接入期的长度比例固定,在网络流量变化时,无法自适应调节;超帧中两种接入期交错分布,增大了协议的控制难度;并且传输优先级只考虑了数据类型,并没有考虑数据的传输速率。在 CA-MAC 协议的非竞争接入期中,节点是依次进行传输,这样排在后面的节点会出现传输等待的情况,容易造成缓存溢出。

为了解决上述问题,文中提出了一种高效节能的 MAC 协议(High-efficiency Energy-saving MAC, HE-

MAC)。HE-MAC 采用混合型的超帧结构,包含竞争接入期和非竞争接入期,两种接入期顺序分布,先进行竞争接入,再进行非竞争接入,这样大大简化了协议的控制难度,并且两种接入期的长度比例并非保持不变,而是根据网络流量和传输数据的类型的变化而自适应变化。HE-MAC 中的优先级控制策略将综合考虑节点传输数据的类型和数据的传输速率。不同优先级的节点不仅在非竞争接入期中将获得相匹配的时隙分配,而且在竞争接入期中,高优先级的节点将有更高的概率竞争到时间隙。在非竞争接入期中,节点是交叉传输的,某些节点将不会由于等待时间隙而造成缓存溢出。

对网络模型进行了如下假设:所有的节点均是固定在人体表面,通信范围仅包含人体表面、周围的区域($\leq 3\text{ m}$)。网络拓扑结构为星型拓扑,中心节点与非中心节点之间的通信为单跳通信。每个非中心节点的初始能量相同,且不考虑中心节点的能耗问题。

HE-MAC 协议主要包括以下几个方面:超帧结构、优先级控制策略、时间隙分配策略、两种接入期长度分配策略。下面对这些设计内容进行详细描述。

2.1 超帧结构

在 IEEE 802.15.6 MAC 协议中,超帧被划分为 9 个接入期,并且基于竞争的接入期和基于调度的接入期是交错分布的,这样大大增加了协议的控制难度。HE-MAC 协议也使用混合型^[13]的超帧结构,每个超帧由相同长度的信标期作为定界符。但是整个超帧只包含 2 个接入期,竞争接入期和非竞争接入期,两种接入期一共包含 32 个时间隙。这种简单的超帧结构,大大降低了协议的控制难度,相对于 IEEE 802.15.6 协议减少了信标(Beacon)字段的长度。各个字段的含义如下:

信标期(Beacon)用于初始化网络。中心节点在信标期内将广播信标帧来完成时钟同步、链路建立和传输功率控制,特别是竞争接入期和非竞争接入期的长度设置、单个时间隙长度的设置以及时隙分配等功能。

竞争接入期(Contention Access Period, CAP)采用 CSMA/CA 接入机制,各个非中心节点通过竞争时间隙完成数据传输。

非竞争接入期(Contention Free Period, CFP)采用基于 TDMA 的接入机制,中心节点根据每个非中心节点的优先级分配相匹配的时间隙,各个非中心节点在自身时间隙内传输数据,在其他时间隙中进入睡眠状态以节约能量。

2.2 协议的优先级控制策略

HE-MAC 对于节点优先级的设定主要综合考虑节点的发包率和传输的数据类型。HE-MAC 将节点的优先级分为三级,从高到低分别为 0 级,1 级,2 级。

根据传输数据类型的不同,可以将节点分为紧急节点和普通节点。紧急节点的优先级为 1 级,普通节点的优先级为 2 级。

根据发包率是否超过阈值,可以将节点分为高速节点和普通节点。高速节点的优先级为 1 级,普通节点的优先级为 2 级。针对阈值的设定,由于节点数目和位置的不同等因素均对网络性能有影响,不能简单设置为某一固定的值。HE-MAC 协议设置发包率阈值的策略如下:

先将超帧内的接入期均设置为采用 CSMA/CA 机制的竞争接入期,也就是所有的时间隙都需要通过竞争来获得。传感节点根据自身的 ID 的大小,从小到大设置发包率,从发包率 10 开始,成等差递增数列,差值为 10,并且将所有的传感节点设置为相同的优先级,此时的优先级可采用 IEEE 802.15.6 标准中规定的最高级。随后网络进行一段时间的数据传输,由中心节点计算各个传感节点的丢包率。丢包率超过 5% 的传感节点的前一个节点所对应的发包率即可设置为阈值。若所有传感节点的丢包率均小于 5%,则重置发包率,从上一次的最高发包率开始,从小到大成等差递增数列,差值为 10,然后再次进行数据传输,统计传感节点的丢包率,以此类推。直到找到丢包率超过 5% 的传感节点,从而找到其前一个传感节点所对应的发包率。

当某些传感节点在传输紧急消息的同时,发包率也超过阈值,那么其优先级为 0 级。该类节点为网络中优先级最高的节点,HE-MAC 协议将保证该类节点数据传输的实时性和可靠性。

针对不同优先级的传感节点,HE-MAC 协议的处理方式如下:

HE-MAC 协议的竞争窗口采用 IEEE 802.15.6 标准中所规定的竞争窗口,优先级从高到低分为 8 级,分别对应的竞争窗口从竞争窗口 7 至竞争窗口 0。HE-MAC 协议对于高优先级的节点采用较小的竞争窗口作为初始竞争窗口,并且当出现传输碰撞时,相比于 IEEE 802.15.6 MAC 将减小竞争窗口增加的速度。具体策略如下:

对于优先级为 0 级的节点,竞争窗口(Contention Window, CW)的范围是竞争窗口 7 至竞争窗口 6。初始竞争窗口为竞争窗口 7,即回退计数器的初始定时时长为区间 $[1, CW]$ 中的均匀分布,且 $CW \in (1, 4)$ 。当出现传输碰撞, CW 将重置为当前 CW 的 1.5 倍直到本竞争窗口的 CW_{\max} 。若此时仍出现了传输碰撞,则采用下一个竞争窗口,即采用竞争窗口 6。

对于优先级为 1 级的节点,竞争窗口的范围是竞争窗口 5 至竞争窗口 4。优先级为 2 级的节点,竞争窗口的范围是竞争窗口 3 至竞争窗口 2。它们的操作均

类似 0 级节点的操作。但当出现传输碰撞时, CW 将重置为当前 CW 的 2 倍。

2.3 协议的时隙分配策略

针对不同优先级的节点, 协议的时隙分配策略是优先级越高, 获得的时隙就越多, 并且相对于其他两种节点, 0 级节点获得的时隙时长更长, 这样能最大限度地保证 0 级节点的传输有效性。具体的分配策略如下:

第一, 先将超帧内的接入期均设置为采用 CSMA/CA 机制的竞争接入期。中心节点根据传感节点的发包率和传输数据的类型为传感节点设置相应的优先级。随后网络进行 1 秒钟的数据传输, 中心节点对传输结果进行统计, 计算出各个传感节点的数据包的接收率, 即中心节点接收到来自该传感节点的数据包的个数 (Number of Data Packet Sent, NDPS) 与中心节点全部接收到的数据包个数 (Total Number of Data Packet Received, TNDPR) 之比。

第二, 根据各个传感节点数据包的接收率按比例进行非竞争接入期的时隙分配。故在确定了非竞争接入期中的时隙总数 (Number of Time Slot in CFP, NTS_CFP) 之后, 每个传感节点所获得的时隙数 (Number of Time Slot, NTS) 的计算公式如下:

$$NTS = \lceil NDPS / TNDPR \times NTS_CFP \rceil \quad (1)$$

若节点的发包率超过阈值, 那么这些节点的 NDPS/TNDPR 将无法反映出这些节点应有的优先级。故这些节点的 NTS 将用所有节点 NTS 的最大值替代。式(1)采用向上取整的方式会导致所有传感节点获得的时隙个数超过非竞争接入期中的时隙总数。若出现这种情况, 将从获得最少的时隙节点开始, 从少到多, 依次减去一个时隙, 直到所有传感节点获得的时隙个数等于非竞争接入期中的时隙总数。这样竞争接入期和非竞争接入期则具有耦合关系, 在竞争接入期优先级高发包率大的传感节点, 在非竞争接入期也将获得更多的时隙。

第三, 1 级节点和 2 级节点的时隙长度 (Length of Time Slot in 1, 2 level, LTS_12) 将依据 IEEE 802.15.6 MAC 协议中所规定的时隙长度进行设置。针对 0 级节点的时隙长度 (Length of Time Slot in 0 level, LTS_0), 中心节点先统计出各个节点的平均发包率 PR_aver 和最大发包率 PR_max, 然后根据以下公式计算出 0 级节点的时隙长度。

$$LTS_0 = \min(\lceil PR_max / SPR_aver \times LTS_{12} \rceil, 1.5 * LTS_{12}) \quad (2)$$

其中, PR_max/SPR_aver 是 0 级节点的时隙长度与 1, 2 级节点的时隙长度的倍数, 且为了避免 1, 2 级节点等待时隙时间过长, 故规定最大倍数为 1.5 倍。

当传感节点的发包率或者传输数据的类型发生变化时, 则重新进行上述 3 个步骤, 重新制定时隙分配。

2.4 两种接入期的长度分配策略

在竞争接入期中, 节点通过 CSMA/CA 的竞争接入方式, 在信道空闲的时候传输数据。这种接入机制无需控制开销, 传输灵活。但是由于传输碰撞所导致的数据包重传和数据包丢失, 将增大网络的延时, 降低网络的可靠性。

在非竞争接入期中, 网络为节点分配传输时隙, 只有获得当前传输时隙的节点才能传输数据。由于在某一时段内只有一个节点传输数据, 故在非竞争接入期内, 不会发生传输碰撞。这样能够提供高可靠性和稳定的延时。

由此看来, 2 级节点和发包率未超过阈值的 1 级节点适用于竞争接入期, 0 级节点和发包率超过阈值的 1 级节点适用于非竞争接入期。

两种接入期的长度计算公式如下:

$$N_{cfp} = \min(\lceil (N_0 + N_1) / (N_0 + N_1 + N_2) \times N_{sum} + (N_0 + N_1 + N_2) \rceil, N_{sum} - N_0 - N_1 - N_2) \quad (3)$$

$$N_{cap} = N_{sum} - N_{cfp} \quad (4)$$

式中, N_{cap} 表示竞争接入期的时隙数; N_{cfp} 表示非竞争接入期的时隙数; N_{sum} 表示总时隙数; $N_0 \sim N_2$ 表示各个优先级的节点的个数。

非竞争接入期的长度与高优先级的节点占总节点数的比例有关, 0 级节点和 1 级节点的数量越多, 非竞争接入期的长度越长。而某些极端情况下, 通过上述公式计算出的 N_{cfp} 可能大于 N_{sum} , 故规定 N_{cfp} 的最大值为 $N_{sum} - N_0 - N_1 - N_2$ 。

2.5 理论分析

当人在疾病状态或运动状态中, 体征数据的数据量会出现耦合性的突然增大, 即多个节点的发包率同时增大。由于竞争接入期的带宽利用率和传输效率较低, 所以当网络流量突然增大时, 非竞争接入期更加适用。而文中提出的 HE-MAC 协议, 在网络流量增大时, 将适当延长非竞争接入期的长度, 缩短竞争接入期的长度, 相比于两种接入期长度比例固定的 IEEE 802.15.6 MAC 协议, 这样可以有效降低丢包率。相比于在 CA-MAC 协议的非竞争接入期中节点的数据依次传输, HE-MAC 协议的交叉传输可以有效避免当网络流量增大时某些节点由于等待传输时隙而造成节点缓存溢出。

3 仿 真

3.1 仿真环境及基本参数设置

为了验证 HE-MAC 协议的性能, 采用 OMNET++

仿真器中 castalia 仿真包搭建了仿真平台,并对 IEEE 802.15.6 MAC 协议、现有的 CA-MAC 协议和提出的 HE-MAC 协议进行性能对比分析,主要针对网络的吞吐量、能量消耗及时延性进行仿真分析。网络仿真参数如表 1 所示,节点发包率、数据率、数据类型的设置如表 2 所示。

表 1 网络仿真参数设置

网络仿真参数	数据
节点个数	6 个(节点 0 为中心节点)
节点分布	2 m * 2 m * 0.5 随机分布
节点缓存	32 个数据包
分配时隙长度/ms	10
竞争时隙长度/ms	0.36
发包间隔时间/ms	0.03
睡眠状态转化为传输状态的时延/ms	0.2
传输频段/MHz	2 400
数据包载荷/Byte	1 024
传输功率/dBm	-15
仿真时长/s	100

表 2 网络各个节点发包率/传输速率/数据类型的设置

节点编号	发包率(packet/s)/传输速率(kbps)	数据类型
1	40/320	普通数据
2	60/480	紧急数据
3	80/640	普通数据
4	100/800	普通数据
5	120/960	普通数据

为了能反映出 HE-MAC 的性能优势,文中不仅采用高速率的仿真设置,还假设将出现下列一些变化情况,使得网络更加符合真实情况,也增加了网络环境的恶劣性。节点 1 和节点 3 发包率会发生突变,节点 1 在 20~25 s 内发包率提高 4 倍。节点 3 在 45~55 s 内发包率提高 3 倍。节点 4 在 60~100 s 内将传输紧急消息。所有节点在 80~100 s 内发包率提高 2 倍。

3.2 发包率阈值的设置

在文中的仿真环境,传感节点的个数为 5,根据上文提出的设置发包率阈值的方法,则第一次仿真的发包率(packet/s)设置为 10,20,30,40,50。为了判断发包率的阈值,设置仿真时长定为 50 s,则节点 1~5 的丢包率分别为 2.4%,0.5%,4.3%,1.3%,2.6%。

上述各个传感节点的丢包率均小于 5%,则需要提高发包率进行再次仿真。第二次仿真的发包率(packet/s)为 60,70,80,90,100,此次节点 1~5 的丢包率分别为 2.5%,0.1%,4.9%,1.8%,4.6%。

上述各个传感节点的丢包率均小于 5%,还需要提高发包率进行仿真。第三次仿真的发包率(packet/s)为 110,120,130,140,150,此次节点 1~5 的丢包率分别为 6.1%,0.6%,27%,18.4%,32.3%。

从上述仿真结果来看,当发包率(packet/s)超过 100 后,节点的丢包率就会超过 5%,并且丢包率将快速上升。故为了提高网络的可靠性,仿真中将节点发包率的阈值设置为 100(packet/s)。

3.3 仿真结果与分析

图 1 显示了节点的丢包率的比较。相比于 IEEE 802.15.6 MAC 协议和 CA-MAC 协议,HE-MAC 协议使各个普通节点的丢包率都有所降低。总体来看,随着发送的数据包数量的增加,节点的丢包率是逐渐增加的,特别是当发包率超过 100 之后,丢包率会大幅增加,而 HE-MAC 对于此类情况,由于在竞争接入期和非竞争接入期均有优化措施,故降低丢包率的效果明显。通过比较节点 3 和节点 4 的丢包率,可知相对于数据包优先级的转换,发包率的突变对网络的吞吐量的影响更大。

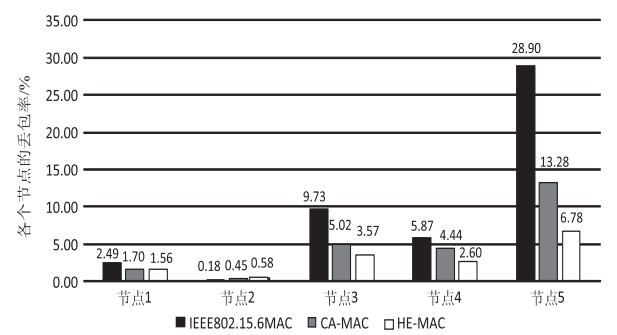


图 1 节点的丢包率对比

图 2 描述的是节点在完成仿真实验后所消耗的能量,相比于 IEEE 802.15.6 MAC 协议和 CA-MAC 协议,由于 HE-MAC 协议可动态调节两种接入期的长度,可降低高速节点由于传输碰撞而重传所浪费的能量,有效降低了每个节点的能耗。

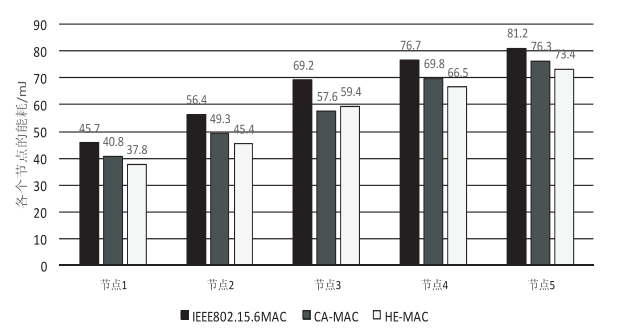


图 2 节点的能耗对比

无线体域网中,数据包的传输结果可分为 5 类:因为缓存溢出而传输失败;因为信道繁忙产生冲突而传输失败;因为没有返回确认消息而传输失败;只通过一

次传输就传输成功;通过重传而传输成功。图 3 描述的是,仿真实验后,对所有传输的数据包所做的传输结果统计。

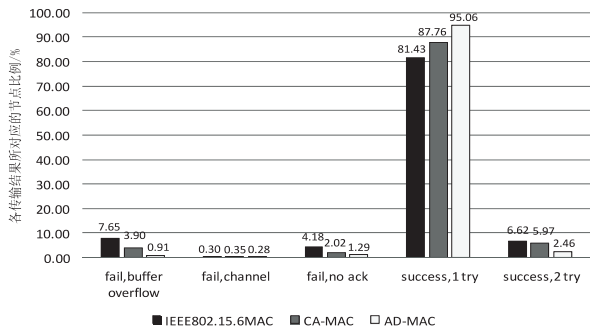


图 3 数据包的传输结果分类比例图

从图中可以看出,相对于 IEEE 802.15.6 MAC 协议和 CA-MAC 协议,HE-MAC 协议降低了节点的缓存压力,提高了数据传输的有效性即 1 次传输成功率。故新 MAC 协议可降低能耗、时延及时延抖动,提高网络的 QoS 保障能力。

无线体域网一般由一个可充电的具有计算能力的中心节点和一些收集数据的传感节点组成。中心节点为可穿戴式的智能设备。传感节点为在病患身上的可穿戴式传感器,这些传感器将收集关键的病人信息,然后以无线方式传送到中心节点。中心节点对数据进行本地处理之后,再传输至云端。文中设计的 MAC 协议针对网络流量可能出现突然增大的情况,在优先级控制、时隙分配以及不同接入期长度的分配均提出了优化策略,通过仿真证明了协议的优越性。故文中设计的 MAC 协议,适用于监测危重病人或运动员的无线体域网,因为普通病患或一般人的体征数据一般为周期性的低速率数据,而危重病人和运动员的体征数据变化性强,容易出现短时期的尖峰数据。

4 结束语

文中的目的是基于 IEEE 802.15.6 MAC 协议设计出一种能够满足无线体域网要求的 MAC 协议。HE-MAC 协议从优先级控制、时隙分配、两种接入期的长度比例分配等多方面对 IEEE 802.15.6 协议进行优化。通过 OMNet++搭建仿真平台,对 IEEE 802.15.6 协议、CA-MAC 协议和 HE-MAC 协议进行性能比较和分析,结果验证了 HE-MAC 协议具有降低能耗、提高可靠性的作用。文中将节点布置于身体的表面,未来应该考虑到节点处于身体内部的情况,综合研究体内体外节点之间的相互通信,相互协调。


参考文献:

- [1] Chen M, Gonzalez S, Vasilakos A, et al. Body area networks: a survey[J]. Mobile Networks and Applications, 2011, 16(2): 171-193.
- [2] Rehman A, Mustafa M, Javaid N, et al. Analytical survey of wearable sensors[C]//Proc of international workshop on bio-sensing, processing, application and networking in conjunction with 7th IEEE international conference on broadband and wireless computing, communication and applications. Victoria, Canada: IEEE, 2012.
- [3] Milenković A, Otto C, Jovanov E. Wireless sensor networks for personal health monitoring: issues and an implementation[J]. Computer Communications, 2006, 29(13): 2521-2533.
- [4] Otto C A, Jovanov E, Milenkovic A. A WBAN-based system for health monitoring at home[C]//Proc of 3rd IEEE/EMBS international summer school on medical devices and biosensors. Cambridge, MA: IEEE, 2006: 20-23.
- [5] Davenport D M, Ross F J, Deb B. Wireless propagation and coexistence of medical body sensor networks for ambulatory patient monitoring[C]//Proc of sixth international workshop on wearable and implantable body sensor networks. [s. l.]: IEEE, 2009: 41-45.
- [6] Liolios C, Doukas C, Fourlas G, et al. An overview of body sensor networks in enabling pervasive healthcare and assistive environments[C]//Proceedings of the 3rd international conference on pervasive technologies related to assistive environments. New York: ACM, 2010.
- [7] Sohraby K, Minoli D, Znati T. Wireless sensor networks: technology, protocols, and applications[M]. [s. l.]: John Wiley & Sons, 2007.
- [8] Boulis A, Smith D, Miniutti D, et al. Challenges in body area networks for healthcare: the MAC[J]. IEEE Communications Magazine, 2012, 50(5): 100-106.
- [9] Astrin A W, Li Huanbang, Kohno R. Standardization for body area networks[J]. IEICE Transactions on Communications, 2009, 92-B(2): 366-372.
- [10] 黄孝伦. 区域移动医疗健康服务体系研究[J]. 医学信息学杂志, 2014, 35(5): 14-17.
- [11] IEEE standard for local and metropolitan area networks-part 15.6: wireless body area networks[S]. [s. l.]: IEEE Standards Association, 2012.
- [12] Liu B, Yan Z, Chen C W. MAC protocol in wireless body area networks for e-Health: challenges and a context-aware design[J]. IEEE Wireless Communications, 2013, 20(4): 64-72.
- [13] Li C, Li J, Zhen B, et al. Hybrid unified-slot access protocol for wireless body area networks[J]. International Journal of Wireless Information Networks, 2010, 17(3): 150-161.

一种高效节能的无线体域网MAC层协议

作者：[谢语天](#)，[王珺](#)，[闵建民](#)，[司桂静](#)，[XIE Yu-tian](#)，[WANG Jun](#)，[MIN Jian-min](#)，[SI Gui-jing](#)

作者单位：[南京邮电大学 宽带无线通信与传感网技术教育部重点实验室, 江苏 南京 210003](#);[南京邮电大学 江苏省无线通信重点实验室, 江苏 南京 210003](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：2015, 25(12)

引用本文格式：[谢语天](#).[王珺](#).[闵建民](#).[司桂静](#).[XIE Yu-tian](#).[WANG Jun](#).[MIN Jian-min](#).[SI Gui-jing](#) [一种高效节能的无线体域网MAC层协议](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2015(12)