

# 一种基于 UWB 穿戴式网络的调度算法

夏 兵,李光耀

(同济大学 软件工程系,上海 201804)

**摘 要:**可穿戴式计算机是近几年的一个研究热点,穿戴式网络多个节点之间的协调通信一直是影响穿戴式计算机发展的一个重要原因,因此有必要对穿戴式网络通信进行优化。文中介绍了可穿戴式计算机以及穿戴式网络。论述了穿戴式网络中常用的几种网络技术的优缺点。然后重点解析了 UWB(Ultra-Wide Band)的结构模型,以及 UWB 通信机制,在 UWB 通信机制的基础上引入了动态调度的思想,由此引出具有优先级的动态 UWB 网络调度算法。此调度算法能够很好地协调穿戴式网络节点之前的通信,有利于推进可穿戴式计算机的发展。

**关键词:**可穿戴式计算机;穿戴式网络;UWB;调度算法

中图分类号:TP302

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)01-0014-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.01.004

## A Dynamic Scheduling Algorithm Based on UWB in Wearable Network

XIA Bing, LI Guang-yao

(Department of Software Engineering, Tongji University, Shanghai 201804, China)

**Abstract:** Wearable computer is a hot research topic in recent years; however multiple nodes communication between each other in wearable network has been the important impact of the development of wearable computer. So it is necessary to improve the wearable network communication. The wearable computers and wearable network are introduced, discussing several kinds of network technologies which are frequently used in the wearable network. And then introduced the UWB (Ultra-Wide Band) structure model, and UWB communication mechanism, and a dynamic scheduling algorithm based on UWB in wearable network is introduced which has priority in the scheduling algorithm. This scheduling algorithm can improve the performance between each nodes in wearable network and help promote the development of wearable computer.

**Key words:** wearable computer; wearable network; UWB; scheduling algorithm

## 0 引言

近年来可穿戴式计算机慢慢步入人们的日常生活,学术界关于可穿戴式计算机的研究也越来越热。可穿戴式计算机是伴随计算机的相关器件不断向超微元化发展的必然趋势。目前可穿戴式计算机主要运用在军事、医疗等相关领域。可穿戴式计算机是计算机“以人为本”理念的最佳体现。可穿戴式计算机未来必将带来巨大的创新以及巨大的社会效益。因此对可穿戴式计算机的研究也必将大有用途。

穿戴式网络是建立在多节点可穿戴式计算机进行通信的基础上的。目前穿戴式网络运用的技术主要有 Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi, IrDA, UWB。文中介绍了可

穿戴式计算机以及穿戴式网络,然后重点对 UWB 通信机制进行了分析,建立了一种动态的基于优先级的调度算法。

## 1 可穿戴式计算机及穿戴式网络

### 1.1 可穿戴式计算机

可穿戴计算机(Wearable Computer)是指能够穿在身体上,并且外出进行活动的微型电子设备,属于个人移动计算机系统。它让使用者和个人移动计算机系统紧密结合,从而具有传统的计算机所不具有的属性、交互方式和功能。

关于可穿戴计算机的定义,学术界先后出现了几

种比较权威的表述,其中之一是 Steve Mann 教授的定义,他指出<sup>[1]</sup>:可穿戴计算机是属于用户的个人空间(personal space),可穿戴计算机最大的特性之一是其持续可用性,即 always oil and always accessible,这也是它与传统计算机最本质的差别。所谓的持续可用性是指当使用者穿上可穿戴计算机,它就处于一直开机,一直运行状态,并且能够使使用者和穿戴式计算机保持持续稳定的通信;另一方面可穿戴计算机不需要停止你正在做的事情来专门使用这种设备,它是被增强到其他动作上的。这些设备可以与用户结合像假肢一样。因此,它可以成为用户大脑或身体的延伸。目前可穿戴计算机的研究主要集中在电源管理、散热、软件架构、无线和个人局域网通信等方面。总之可穿戴计算机是一种新的人机结合形式,它使人机紧密结合(inextricably intertwined)与协同(synergy)之间产生了新型的关系<sup>[2]</sup>。

1.2 穿戴式网络

穿戴式网络是各种可穿戴式计算机节点互相通信所依赖的网络通信系统。它是与可穿戴式计算机紧密结合的一种超微型、可穿戴的移动网络信息系统。随着穿戴式计算机的出现,穿戴式信息技术也得到迅猛的发展,并成为非常有发展潜力的领域之一。穿戴式网络属于无线个域网范畴<sup>[3]</sup>。

由可穿戴计算机本身的特性决定了穿戴式网络所采取的技术必须基于无线技术组网,并且具有高效、低能耗、信号传送特性好三方面特性。目前运用在穿戴式网络上的技术主要有:Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi, IrDA, UWB(Ultra-Wide Band)技术等。穿戴式网络属于短距离中的个域网,可以用到的技术也如此。

各种技术对比如表 1<sup>[4]</sup>。

表 1 穿戴式网络中常用的技术对比

技术名称	UWB	Bluetooth	ZigBee	Wi-Fi	IrDA
工作频段 /GHz	3.1-10.6	2.4-2.48	868,902-9282.4-2.48	2.4	850 ~ 900 nm 红外
最大工作范围/m	10	10	100	100	3
NLOS 是否可传	可	可	可	可	不可
最大传输速率	1 Gbps	3 Mbps	20 kbps, 40 kbps, 250 kbps	11 Mbps	16 Mbps
是否为高速	是	否	否	否	否

其中 UWB 是一种高速短距离的数据传输方式。过去主要运用在军事雷达或者其他定位设备上。2002 年 2 月美国联邦通信委员会(FCC)批准 UWB 可以运用到民用通信中,由此 UWB 正式开始了商用。

由表 1 可知,IrDA(红外)需要有直达径,在穿戴式网络中不适合。另外从各个无线通信所使用频段范围来看,Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi 都是窄带传输,并且

工作在 ISM 公用频段下,因此极易受到干扰,而 UWB 工作在非 ISM 公共频段,并且传输带宽很宽,因此产生干扰和受到干扰的机率非常小。此外从传输距离来看,Bluetooth 和 UWB 距离刚好适中,满足全身穿戴式网络通信的前提下又没有像 Wi-Fi 和 ZigBee 那样有太广的传输距离。从传输速率来看,由于穿戴式设备对高数据实时通信的强烈要求,所以只有带宽达到 100 Mbps 以上才能满足,Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi 都未能很好地满足条件,而 UWB 符合穿戴式设备高速传输的要求。

综上,UWB 技术是这几种无线通信技术中最适合穿戴式网络系统的。

2 动态调度算法

2.1 UWB 网络模型建立

目前主流的 UWB 技术是基于 2005 年 12 月 WiMedia 联盟发布的 ECMA368 协议。此协议基于 MB-OFDM 技术。此 UWB 的通信机制在于其超帧结构,超帧的具体结构如图 1<sup>[5]</sup>。此协议的 UWB 网络中各个节点是平等的,没有协调控制的节点,它是一个全分布式的网络结构。由于各个节点没有中心协调器,因此所有节点之间的正式信息交互之前必须先进行协调,节点之间这种协调方式是通过每个节点依次广播一种信标帧来完成的<sup>[6]</sup>,这种机制就是关于资源预留协议的。

资源预留协议简单来说就是:在正式数据传输之前,每个节点先互相告知所需带宽资源,只有获得了足够的带宽之后,才进行数据的正式传输。待所有节点广播完信标帧之后,每个节点再采用资源预留协议的约定方式正式介入通信<sup>[7]</sup>。

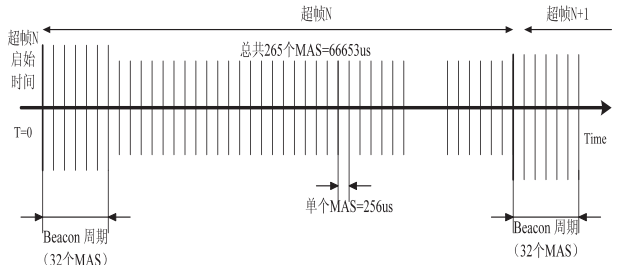


图 1 UWB 通信机制

用在数据具体来说一个超帧要持续 65 535 μs,可分为 256 个块,每块的开始为媒质接入时隙(MAS),所以有 256 个 MAS 数。256 个 MAS 数前面的 32 个 MAS 用来发送信标帧,进行协调通信。

每个信标帧由多个信息单元(IE)组成,IE 包含了用来协调控制的信息,从而能够实现控制信息的交互。去除 32 个 MAS 数,剩下的 224 个 MAS 数主要是用于正式的数据传输的,它们承载着正式的数据。所以接

下来对带宽的动态调度就是对这 224 个 MAS 数进行动态调度的过程。

## 2.2 数据结构定义

定义 1: 把穿戴式网络中每个节点的应用层业务流分为具有优先级的 UBR、CBR 和 VBR 三种业务流类型, CBR 对应于数据量比较小的普通的文件传输业务, UBR 对应于数据量适中的类语音传输业务, VBR 对应于大数据量的视频传输业务。因为 CBR 数据量比较小, 所以下面的调度算法不考虑 CBR, 文中的调度算法只针对 UBR 和 VBR。

定义 2: 定义 GIT、NIE 和 MCIE 数据结构<sup>[10]</sup>, 其中 NIE 为节点信息单元(Node Information Element, NIE), MCIE 为时隙变化信息单元(MAS Changed Information Element, MCIE)。在正式的调度算法运行之前, 协调通信主要由各个节点通过信标帧广播自身的 NIE, 同时通过信标帧收集邻居节点的 NIE 来完成。因此在每个节点中都有一张由所有节点的 NIE 组成的一个全局信息表(Global Information Table, GIT)。NIE, GIT, MCIE 具体结构和关系如图 2 所示。

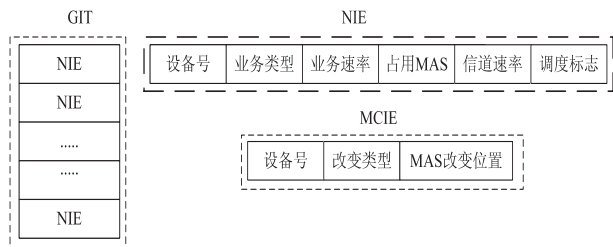


图 2 定义的几种数据结构

图 2 中设备号是各个节点的标识符, 用来区分各节点; 业务类型主要用来区分不同的应用层数据流, 这里分为 UBR、CBR 和 VBR 三种业务流类型<sup>[11]</sup>; 其中业务速率指满足当前的业务流类型所需要的传输速率; 占用 MAS 数用来表示节点运行调度算法后所需要占用的 MAS 个数; 当前 UWB 信道的传输速率用信道速率来表示; 调度标志域用来标记节点前一次经过此调度算法后能否满足业务流要求, 用 0 代表满足业务流要求, 如果不满足就用 1 标记, 即能否达到所谓的 QoS (Quality of Service)<sup>[12]</sup>, 此标志域是为了满足动态调度的需求; 改变类型域用来标记当前节点的 MAS 数是需要贷入还是可以贷出; MAS 改变位置是用来标记在对应的超帧中 MAS 需要改变的位置信息。

通过发送信标帧所携带的 MCIE 来改变每个节点 GIT 中的各个 NIE, 最终在每个节点构成的 GIT 都应该是相同的。

## 2.3 调度算法

### 2.3.1 VBR 的动态调度算法

根据节点 NIE 中动态标志位, 如果为 1, 则进入借入 MAS, 为 0 则贷出 MAS, 具体流程如图 3 所示。

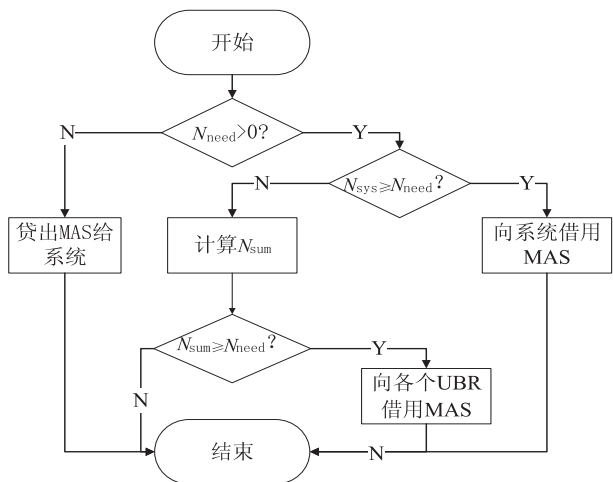


图 3 VBR 动态调度算法流程图

具体流程说明如下:

(1)  $N_{need}$  为 VBR 业务达到 QoS 要求所需要改变的 MAS 数, 其表达式为:  $N_{need} = N_v - N'_v$ , 其中  $N_v$  和  $N'_v$  分别为当前帧和上一帧达到 QoS 需求所需 MAS 数。

(2)  $N_{sum}$  为所有 UBR 所能提供的 MAS 数和系统空余的 MAS 数之和。即:  $N_{sum} = \sum_{i=1}^n N_{u_i} + N_{sys}$ , 其中  $N_{u_i}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  为第  $i$  个 UBR 节点所能提供的 MAS 数;  $N_{sys}$  为当前系统空闲的 MAS 数。

(3) 当系统空余的 MAS 不足以满足所有节点需求时, 按照  $N_{need}$  除以  $\sum_{i=1}^n N_{u_i}$  得到比例因子, 然后每个 UBR 节点能够贷出 MAS 数目大小乘以此比例因子得到向第  $i$  个 UBR 节点借入的 MAS 总数  $N_{b_i}$ , 其中  $N_{b_i}$  可表示为:  $N_{b_i} = \text{round}[\frac{N_{u_i} N_{need}}{\sum_{i=1}^n N_{u_i}}]$ ,  $i = 1, \dots, n$ 。

(4) 由于(3)有取整操作, 因此所有的贷入和贷出的 MAS 总数并不相等, 两者之间的差值为  $N_{balance}$ , 其中  $N_{balance} = N_{need} - \sum_{i=1}^n N_{b_i}$ , 当  $N_{balance}$  为正数时代表实际贷入的 MAS 数超过了所需求的, 所以此时将多余的 MAS 还给  $N_{b_i}$  中最小的 UBR 业务节点; 与此相反, 当  $N_{balance}$  为负数时代表实际所需的 MAS 数未真正达到要求, 此时再向  $N_{b_i}$  最大的 UBR 节点再借用  $N_{balance}$  个 MAS 数, 使实际的贷入和贷出相等。

### 2.3.2 UBR 的动态调度算法

因为 UBR 优先级低, 所以它只当系统有多余 MAS 数时才能够借入, 并且 UBR 节点会实时动态地借出 MAS 数, 具体流程如图 4 所示。

具体流程说明如下:

其中  $N_{res}$  为满足 UBR 业务需求即达到 QoS 要求所需要的 MAS 总数与系统能够借出的 MAS 总数之差, 其表达式为:  $N_{res} = (N_{u_i} - N'_{u_i}) - N_{l_i}$ , 式中  $N_{u_i}$  和  $N'_{u_i}$  分

别为 UBR 节点满足 QoS 要求和上一帧所占 MAS 数; $N_{l_i}$  为 UBR 业务借出的 MAS 数,且  $N_{l_i}$  与  $N_{b_i}$  相等。

### 2.3.3 调度算法分析

该算法是基于借贷机制的,动态的,具有优先级的调度算法。首先对于两种业务流 UBR 和 VBR,因为 VBR 具有高优先级,所以 VBR 的业务流要求首先要得到满足,不够时向低优先级的 UBR 借入,使其满足。当系统满足了 VBR 业务流需求后,贷出的 MAS 数还有剩余时再去满足 UBR 业务流的需求。其次在 VBR 业务节点之间,MAS 数的借用首先是先满足调度标志域为 1 的业务节点上的,也就是说,上一次调度没有成功满足业务要求的节点本次可以优先去满足其要求,所以此调度算法也是动态并且兼具公平性的。最后,此借贷机制中因为比例因子是一定的,所以借出能力大的节点提供的 MAS 数多,借出能力小的提供的 MAS 数小。

因此可见,此基于借贷机制的调度算法是动态、公平、具有优先级的调度算法。

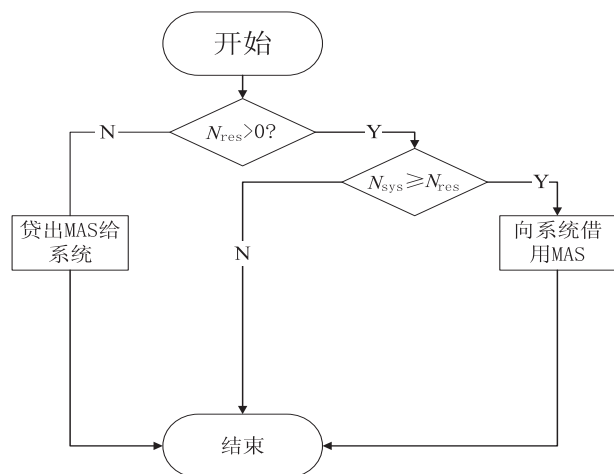


图4 UBR 动态调度算法流程图

## 3 结束语

文中首先对当前的一个研究热点—可穿戴式计算机进行了介绍,在介绍完可穿戴式计算机之后引出了穿戴式网络。然后对穿戴式网络进行了介绍,论述了当前在穿戴式网络上运用到的相关无线电技术。接着重点介绍了 UWB 网络模型,以及 UWB 网络的通信机制。最后在 UWB 通信机制的基础上,引出了一种基于 UWB 穿戴式网络的、动态的、具有优先级的调度算法。

由于可穿戴式计算机当前还处于初级发展阶段,所以对基于可穿戴式计算机的穿戴式网络的研究比较少。另一方面,由于可穿戴式计算机还刚刚发展,所以现今的穿戴式网络的节点数都普遍比较少,而文中的调度算法是一种节点越多,调度的效果越好的算法。所以关于此方面的研究似乎有点偏早,但是,相信在未来的几年中,穿戴式计算机必会取得重大的突破,带来新的技术革命,所以从这方面考虑,文中的研究还是具有一定的理论意义以及实现价值。

### 参考文献:

- [1] Mann S. Humanistic computing: WearComp as a new framework and application for intelligent signal[J]. Proceedings of the IEEE, 1998, 86(11): 2123–2151.
- [2] 丛 明. 可穿戴计算机简介[J]. 计算机仿真, 2005, 22(2): 261–264.
- [3] Kessler G D. A support system for the development of distributed, multi-user VE applications[C]//Proc of IEEE virtual reality annual international symposium. Atlanta: [s. n.], 1998.
- [4] 吕宏强. 可穿戴计算机发展动态[J]. 科技传播, 2010(7): 119–120.
- [5] ECMA. Standard ECMA-368 1st-december 2005 high rate ultra wide band PHY and MAC standard[S]. [s. l.]: ECMA International, 2005.
- [6] ECMA. Standard ECMA-369 1st-december 2005 high rate ultra wide band PHY and MAC standard[S]. [s. l.]: ECMA International, 2005.
- [7] 张 坤, 王 达, 崔 蕊. 可穿戴式计算机与无线网络技术要点分析[J]. 科技信息(科学教研), 2007(26): 62–62.
- [8] 徐 斌. UWB 在穿戴式网络中的研究与应用[D]. 南京: 东南大学, 2008.
- [9] 徐 强. 可穿戴多人协同支撑软件系统研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2010.
- [10] Ta D N B, Nguyen T, Zhou Suiping. Interactivity-constrained server provisioning in large-scale distributed virtual environments[J]. IEEE transactions on parallel and distributed systems, 2012, 23(2): 304–312.
- [11] Singh H L, Gracanin D. An approach to distributed virtual environment performance modeling: Addressing system complexity and user behavior[C]//Proc of virtual reality workshops. [s. l.]: [s. n.], 2012.
- [12] 邓驭坤. 可穿戴计算机无线通信模块与组网技术研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2003.

一种基于UWB穿戴式网络的调度算法

作者：[夏兵](#)，[李光耀](#)，[XIA Bing](#)，[LI Guang-yao](#)  
作者单位：[同济大学 软件工程系, 上海, 201804](#)  
刊名：[计算机技术与发展](#)

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

年，卷(期)：2014(1)

本文链接：[http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjfz201401004.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201401004.aspx)