

文章编号:1001-9081(2006)01-0031-03

## 基于 NS2 的 UWB MAC 层资源分配算法仿真

董 为, 郑国莘

(上海大学 通信与信息工程学院, 上海 200072)

(ksmail@sohu.com)

**摘 要:**超宽带(UWB)技术是家庭无线个人域网的热点研究技术,而其 MAC 层的资源分配算法对整个网络的传输性能具有极其重要的作用。文中运用 NS2 网络仿真软件对 UWB MAC 层协议之一 IEEE 802.15.3 进行了仿真分析,搭建了微网结构,分析了网络性能参数,重点分析了一种动态分配算法提案在 UWB 高速网络下的性能。

**关键词:**超宽带;资源分配算法;网络仿真;无线个人域网

**中图分类号:** TN914.42 **文献标识码:** A

## Simulation of UWB MAC channel time allocation based on NS2

DONG Wei, ZHENG Guo-xin

(School of Communication and Information Engineering, Shanghai University, Shanghai 200072, China)

**Abstract:** UWB(Ultra WideBand) is one of the important researches in the area of WPAN(Wireless Personal Area Network), and the algorithm of channel time allocation in UWB MAC is vital to the transmit performance. NS2 was used to analyze the UWB MAC, and one of UWB MAC protocol, IEEE802.15.3 was simulated. The piconet structure was built, and the network performance parameter was analyzed. An improved algorithm of dynamic channel time allocation used for UWB high speed network was studied.

**Key words:** UWB; CTA(channel time allocation); NS; WPAN

### 0 引言

超宽带(UWB)无线技术是目前国际上的热点研究技术之一,它利用极窄的纳秒级发射脉冲将频谱扩展到数 GHz 带宽,传输速率可高达数百兆 bps。它具有极低的类似噪声的功率谱,可与其他无线方式并存,在 10m 以内传输速率高达数百兆 bps,可满足家庭无线音视频传输需求。

目前 UWB 技术有两种发展方案,一种是由 Intel、TI 等公司支持的 MBOA 多频带 OFDM 调制方案,目前还没有确定 MAC 协议;另一种则是由飞思卡尔等公司支持的 DS-CDMA 方案,采用 IEEE802.15.3 为 MAC 协议,目前已推出 XS110 实用底层芯片组,支持最高传输速率 110Mbps,即将推出传输速率高达 660Mbps 至 1Gbps 的实用产品。

IEEE 802.15.3 协议<sup>[1]</sup>是高速无线个人域网(WPAN)的标准,物理层支持 11Mbps~55Mbps 传输速率,它对多路高速视频流的支持还是有很大不足。目前有很多 MAC 层提案<sup>[2,3]</sup>对其资源分配算法进行了改进以适用于 UWB 系统,但分析时物理层速率多在 100Mbps 以下,具有一定的局限性。

本文着重分析了一种 IEEE 802.15.3 MAC 层改进提案<sup>[3]</sup>(动态资源分配算法)在 UWB 超高速网络下的性能,将 NS2 网络仿真软件引入到 UWB MAC 层分析中,搭建一个接近真实网络测试环境,将测试速率提高到 480Mbps 以体现 UWB 超宽带特性,对改进提案动态分配算法在 UWB MAC 层的网络性能(包括丢包率、吞吐量等)进行了仿真分析,验证了该算法在高速 UWB 系统的有效性。

### 1 UWB MAC 层协议分析

目前 MBOA 联盟尚未确定 MAC 协议,而 DS-CDMA UWB 选取 IEEE 802.15.3 作为其 MAC 层协议,用 UWB 物理层替换原标准,构建了 UWB 底层协议。

在利用 IEEE 802.15.3<sup>[1]</sup>协议组成的高速 WPAN 中,由主设备协调者(PNC)和从设备(DEV)构成微微网(如图 1)。802.15.3MAC 层采用中心控制和资源预留的方式提供 QoS 保证,具体方式是 DEV 向 PNC 发送具有一定 QoS 要求的信道资源请求,而由 PNC 决定是否有足够的带宽资源满足该项请求并进行回复。在 DEV 支持的 3 种数据传输方式中,如果 DEV 要进行高 QoS 要求的传输,应要求 PNC 分配给它一定时间长短的信道时间分配(CTA)。

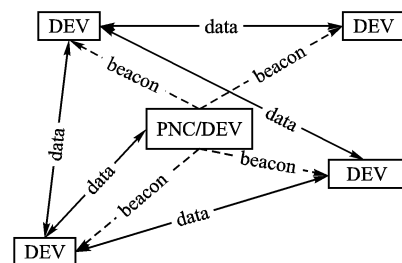


图 1 802.15.3 微网(匹克网)结构

匹克网数据传输的定时基于超帧,超帧由三部分组成(图 2):

(1) 信标(Beacon):在每一超帧的开始发送网络的控制参数和信道时间分配;

收稿日期:2005-07-13;修订日期:2005-09-13 基金项目:上海市重点学科建设项目(2001-44)T0102

作者简介:董为(1980-),硕士研究生,主要研究方向:UWB 超宽带高速无线个人域网; 郑国莘,教授,博士生导师,主要研究方向:限定空间无线通信。

(2) 冲突接入期 (CAP): 采用 CSMA/CA 协议接入信道, 可以发送异步数据和命令;

(3) 信道时隙接入期 (CTAP): 采用 TDMA 协议接入信道, 由信道时间分配 (CTA) 和管理信道时间分配 (MCAT) 组成。

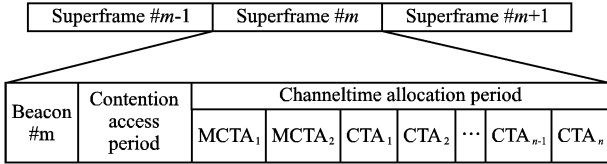


图2 微网超帧结构

标准协议对于普通的单向非实时音视频产生的固定比特率 (CBR) 业务的支持非常有效, 但对于大部分的实时音视频流所产生的可变比特率 (VBR), 其响应时间或带宽利用率不理想。在 IEEE 802.15.3 的提案中有一种动态分配算法<sup>[3]</sup>可以在对协议改动很小的情况下大大提高对高速 VBR 视频流的支持。

该动态资源分配算法就是在 MAC 帧的帧头部增加一个字节 (图 3), 每个设备把放在缓存中下次要发送的实时 VBR 码流的帧进行分段打包, 并计算占用的信道时间, 然后写入增加的这个字节中, 这样就需要的信道时间的长度值通知给了 PNC。

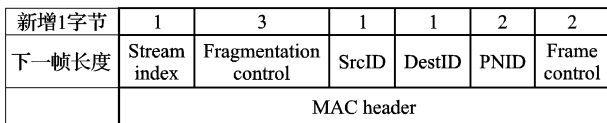


图3 动态资源分配算法 MAC 帧头部结构

当一个 VBR 流以其平均带宽申请信道时间时, 它的很多数据单元会因在截止时间前未传送完毕而被丢弃。但同时仍有很多信道时间处于未被使用的空闲状态 (图 4), 该动态资源分配算法将这些空闲时间资源分成可利用的 CTA 组, 由 PNC 动态分配这些空闲时间资源给各 VBR 流, 当 PNC 收到每个设备当前帧需要占用的信道资源的情况后, 按照码流的优先级在超帧中为每一个码流的当前帧动态分配资源, 分配完毕, PNC 就会修改下一个超帧的 Beacon, 通知各个设备资源分配情况, 于是各个设备在下一个超帧的 CTAP 期间, 占用分配给自己的 CTA 发送数据, 直到码流传输完毕。

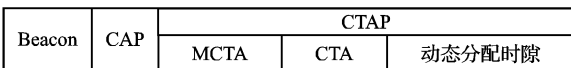


图4 动态资源分配算法的超帧结构

该动态资源分配算法只是改变了 MAC 层通用帧的帧头部结构, 并不会影响协议中规定的超帧结构, 也不会影响通用帧的功能, 对整个协议来说只是作了很小的改变。但却能很好的提高实时 VBR 码流的传输性能。通过 NS2 网络仿真, 我们可以明显看到该算法在多码流高速 VBR 视频流传输时的优异表现。

## 2 NS2 网络仿真

NS2 (Network Simulation 2), 是一种可扩展的、容易配置的和可编程的事件驱动网络仿真引擎, 由美国加州的 LNBL 网络研究组于 1989 年开始研究开发的软件。NS 正在 VINT 项目的支持下, 由南加州大学、施乐公司和加州大学与

Lawrence Berkeley 国家实验室协作, 进行进一步的开发。目前最高版本为 NS-2.28, 其源代码全部公开, 提供开放的用户接口<sup>[4]</sup>。

NS 是一个用 C++ 编写的面向对象仿真器, 由编译和解释两个层次组成。编译层次包括 C++ 类库, 而解释层次包括对应的 Otcl 类, 用户以 Otcl 解释器作为前台使用 NS。

NS 的结构组成可由图 5 来表示。其中 Tcl 为 C++ 分别实现 NS 的部分功能, 通过 Tclcl (Tcl and C++) 的连接实现彼此的调用。在次基础上分别实现事件的调度管理和网络的基本组成单元构成网络仿真平台 NS。

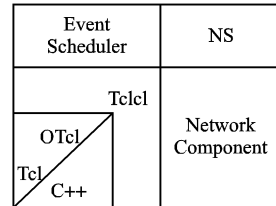


图5 NS 组成模块

NS 一个非常显著的特点是允许将实际网络流量导入到网络仿真环境, 这样在某种程度上起到了类似测试床的作用, 从而可以在一个接近真实的环境中测试协议的性能。NS2 所支持的协议范围广, 主要支持下面一些协议: HTTP, TELNET 业务流, FTP 业务流, CBR 业务流, ON/OFF 业务流, UDP, TCP, RTP, SRM, 算法路由, 分级路由, 广播路由, 多播路由, 静态路由, 动态路由和 CSMA/CD MAC 层协议等。CMU (卡内基·梅隆大学) 对 NS2 进行了扩展, 在物理层、链路层、MAC 层等方面增加了对于无线网络的支持, 用这些增加的部件可以对无线子网、无线局域网、Ad Hoc 网、移动 IP 等进行仿真。

NS 仿真的一般过程包括以下几个步骤:

(1) 创立仿真器并配置或构造仿真网络拓扑 (包括链路和节点)。确定链路的基本特性, 如延迟、带宽和丢失策略等。

(2) 建立协议代理, 包括端设备的协议绑定和通信量模型的建立、节点代理、路由协议等的初始化。

(3) 编写必要的 Otcl 过程或构造可能需要的 Otcl 类, 如记录过程等。

(4) 进行仿真结果的追踪。NS 通过建立追踪文件 (trace) 来保存仿真期间网络性能的参数变化。仿真完成后, 调用相应观察器 (如 Xgraph, Nam) 对追踪文件进行分析、研究。

(5) 在建立了上述代码后, 设定通信量应用和时间相关过程的发送/结束时间, 然后运行仿真。

## 3 UWB MAC 层的 NS2 仿真

为分析网络性能, 在 NS2 仿真中主要考察两种机制的任务失败率 (JFR, Job Failure Rate)、有效吞吐量 (Throughput)。JFR 是指未能在规定的截止时间内传送完毕需要传送数据的概率。有效吞吐量是指去除失败任务的吞吐量。

针对典型的网络特性, 在 NS2 仿真中进行如下假设。图 6 显示了用于仿真的微网的逻辑结构。MPEG-4 码流产生器产生具有一定平均码率的 MPEG-4 流, 而其所对应的 DEV 的 MAC 层将 MPEG-4 帧分段打包后, 在分配给它的 CTA 时隙内

发往 PNC。PNC 上绑定了一个 LossMonitor,在 NS2 中用于对数据包进行计数和丢包统计。PNC 接收到这些包后,在截止时间到达前判断该帧的所有分段是否到达,若有未到达的分段,则认为该帧传送失败,并将结果记录下来计算丢帧率。

仿真实验平台为 LINUX + NS2. 1b9, NS2 中 802.15.3 MAC 模块由 Intel 公司开发提供<sup>[3]</sup>。仿真考虑到 UWB 系统目前理论传输速率可达 500Mbps 至 1Gbps,飞思卡尔公司的 XS110 芯片组传输速率已达 110Mbps,即将推出 660Mbps 的二代产品,为了考察该协议在超高速率情况下网络的性能,仿真时设物理层数据率为 480Mbps。上层协议采用 UDP/IP,UDP 数据包大小定为 1M,设定每秒 30 帧 MPEG-4 码流<sup>[5]</sup>,我们将截止时间定为 35ms。仿真时间定为 100s。

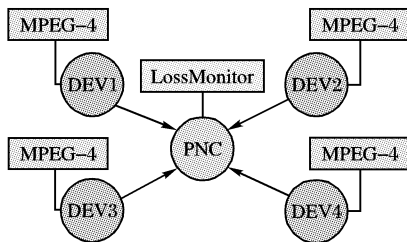


图 6 NS2 仿真拓扑图

在仿真的过程中是基于各个码流平均比特率相同的情况下进行的。仿真主要考察了码率为 8Mbps 和 16Mbps 的 MPEG-4 码流。

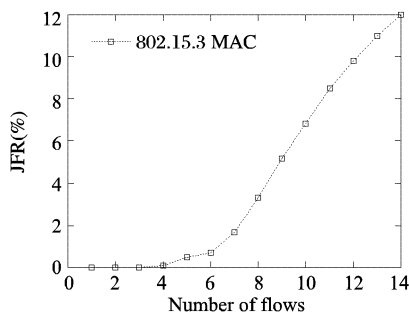


图 7 802.15.3 MAC 在码率为 8Mbps 下的 JFR

从图 7 可以看出随着码流数的增多传输速率加大,采用 802.15.3 MAC 的 UWB 系统 JFR 急剧上升,当超过 6 路码流时系统 JFR 高于 10% 已不能提供 QoS 保证,为了适应 UWB 超宽带传输的需求,必须对其分配算法加以改进,本文主要验证了上文引用的动态资源分配算法。

在加入验证该动态资源分配算法时,我们主要修改了 NS2 模块中的 MAC 目录下的 802.15.3 中 mac\_pnc 模块函数,将动态资源分配算法执行加在 pnc\_standard 函数中的 PNCsrpt :: RequestGTS() 下,并增加对数据的处理函数 PNCsrpt :: ProcessPacket(),修改相应的头文件之后改动 Makefile 文件,将 .o 文件加入到该文件 NS 对象文件列表中。最后在 NS 目录下运行 Make Depend 和 Make,重新编译生成新的 NS。

图 8,9 为动态分配算法与标准 802.15.3 算法在网络 JFR 和吞吐量的比较,可以看出当码流数增多时,标准 802.15.3 MAC 的丢包率 JFR 急剧上升,而动态分配算法的 JFR 上升平缓且大大低于标准算法,动态分配算法还在网络吞吐量上有了一定的提高。

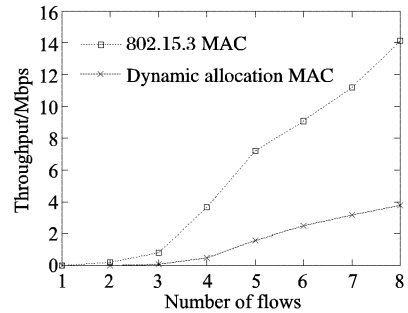


图 8 动态分配算法与 802.15.3 的 JFR (16Mbps)

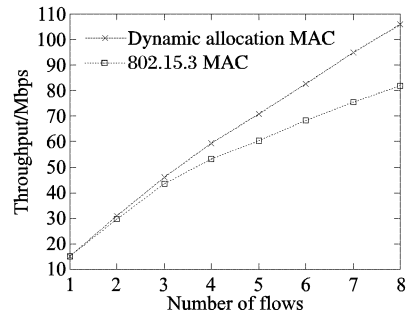


图 9 动态分配算法与 802.15.3 的吞吐量 (16Mbps)

图 10 为采用标准 802.15.3MAC 的 UWB 系统在仿真时间里的 4 路 16Mbps 的 MPEG-4 码流网络实际吞吐量示意图,利用 NS2 我们可以全面考察 UWB 网络特性。

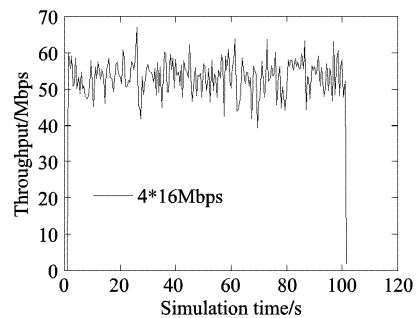


图 10 802.15.3MAC 在 4 路 16Mbps MPEG 流下的网络吞吐量

## 4 结语

本文主要利用 NS2 分析研究了一种动态分配算法提案在 UWB 高速网络下(480Mbps)的性能,通过与标准算法的仿真结果比较显示采用采用本文验证的动态分配算法可更为有效的降低 VBR 码流的丢帧率,同时增加有效吞吐量,从而提高 QoS 水平,适用于高速无线 UWB 网络。

### 参考文献:

- [1] IEEE Std 802.15.3: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks[S]. Inst. Elec. Electron. Eng., New York, USA, July 2003.
- [2] BOUDEC JYL, MERZ R, RADUNOVIC B, et al. A MAC protocol for UWB Very Low Power Mobile Ad-hoc Networks based on Dynamic Channel Coding with Interference Mitigation[R]. Technical report No. ICIC/2004/02, EPFL-DI-ICA, 2004.
- [3] MANGHARAM R, DEMIRHAN M. Performance and simulation analysis of 802.15.3 QoS[M]. IEEE 802.15-02/297r1, 2002.
- [4] 徐雷鸣, 庞博, 赵耀. NS 与网络模拟[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003.
- [5] FITZKE F, REISSLEIN M. MPEG-4 and H.263 videotraces for network performance evaluation[J]. IEEE Network, Nov/Dec 2001, 2002, 15(6): 40-54.