

# 蓝牙中的自适应跳频技术

杨光松<sup>1</sup>, 严嘉琪<sup>2</sup>

(1. 厦门大学 计算机信息工程学院 福建 厦门 361005; 2. 贵州省贸易经济学校 电教科 贵州 贵阳 550003)

**摘要:** 自适应跳频是蓝牙技术中采用的预防频率冲突的机制, 他能有效地防止频率碰撞, 从而保证系统正常的吞吐量。

**关键词:** Bluetooth; WPAN; 自适应跳频; 吞吐量

**中图分类号:** TN914.3

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1004-373X (2004) 03-068-02

## AFH Technology of Bluetooth

YANG Guangsong<sup>1</sup>, YAN Jiaying<sup>2</sup>

(1. Xiamen University, Xiamen, 361005, China; 2. Trade and Economic School, Guiyang, 550003, China)

**Abstract** The Bluetooth noncollaborative coexistence mechanism is introduced in this paper. The adaptive frequency hopping (AFH) can avoid the packet collision and gives best system aggregate throughput.

**Keywords:** Bluetooth; WPAN; AFH; aggregate throughput

蓝牙是工作在 2.4 GHz (2.40~2.48 GHz) ISM 频段的短距离无线通信技术, 能组成小型无线个人局域网 (PAN), 在办公室和建筑物中代替有线电缆, 低功耗、低成本及灵活组网的特点, 有着广泛的应用前景。2.4 GHz 频段中还有 802.11b, HomeRF 及微波炉、无绳电话等电子设备, 为了与这些设备兼容, 蓝牙采用了 AFH (Adaptive Frequency Hopping), LBT (Listen Before Talk)、功率控制等一系列独特的措施克服干扰, 避免冲突。随着无线电通信技术的发展, 频率资源日益紧张, 研究蓝牙技术所采用的频率兼容技术对有效利用频谱、防止通信设备之间相互干扰, 将有十分重要的作用。

### 1 自适应跳频技术

自适应跳频技术是建立在自动信道质量分析基础上的一种频率自适应和功率自适应控制相结合的技术。他能使跳频通信过程自动避开被干扰的跳频频点, 并以最小的发射功率、最低的被截获概率, 达到在无干扰的跳频信道上长时间保持优质通信的目的。所谓频率自适应控制是在跳频通信过程中, 拒绝使用那些曾经用过但是传输不成功的跳频频率集中的频点, 即实时去除跳频频率集中被干扰的频点, 使跳频通信在

无干扰的可使用的频点上进行, 从而大大提高跳频通信中接收信号的质量, 如图 1 所示。

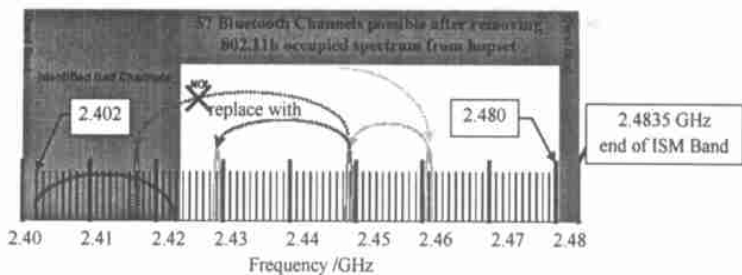


图 1 蓝牙自适应跳频原理

蓝牙和 802.11b 都工作在 2.4 GHz 的 ISM 频段, 蓝牙 SIG (Special Interest Group) 和 IEEE802.15.2 的 Coexistence Task Group 都在关注二者的共存问题。许多成员都提交了自适应跳频的提案。提案中建议采用 AFH 技术, 以便能动态地改变跳频序列, 使系统干扰最小。蓝牙采用 AFH 对干扰进行检测并分类, 通过编辑跳频算法来避免干扰, 把分配变化告知网络中的其他成员, 并周期性地维护跳频集。

其中, Bijan Treister<sup>[1]</sup>等人提出的 AFH 共存机制具有一定的普遍性。在这种自适应跳频中, 在不增加发射功率的情况下, 利用干扰躲避来提高系统的抗干扰能力。

### 2 蓝牙 AFH 的步骤

由设备识别、信道分类、分类信息交换、自适应跳频 4 部分组成。其框图如图 2 所示。

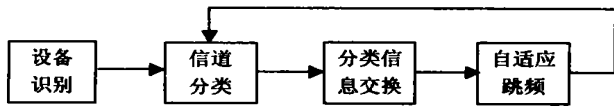


图 2 蓝牙 AFH 步骤

2.1 设备识别

当一个从设备接入微微网时，在进行通信之前，首先由链路管理协议 (LMP) 交换信息，以确定通信双方的设备是否支持 AFH 模式。LMP 信息中包含了二者通信应使用的最小信道数。主机按 LMP 协议先询问从设备是否支持 AFH，当从设备回答后，再进行 AFH 通信。

2.2 信道分类

根据某一准则，按传输质量对信道进行分类。按 LMP 的格式形成一个分类表，在主设备和从设备之间交换信息后，以此分类表为依据进行自适应跳频。分类方法采用时分的形式，以保证抗瞬间的干扰。按信道的质量，把信道分成“好”信道与“坏”信道。

可以用以下方法对信道的质量进行评估：首先接收设备对包损率 PLR<sub>s</sub> (Packet Loss Ratios)、有效载荷的 CRC, HEC, FEC 误差等参数进行测量。在测量 PLR 时，如果 PLR 超过了系统定义的门限，则宣布此信道为坏信道。从设备测量 CRC 时，也会自动检测此包的有效载荷的 CRC，如果校验码正确，则说明接收正确的包，否则宣布包丢失。

2.3 信道信息交换

通过 LMP 命令通知网络中的成员，交换 AFH 的消息。主设备通过分类，把信道分为好信道、坏信道、未用信道，然后把信道分类情况通知从设备。同时，从设备把自己的情况通知主设备。主从设备之间建立联系，确定哪些信道可用，哪些不可用，为下一步自适应频率的产生做准备。

2.4 执行 AFH

先进行跳频编辑，以选择合适的跳频频率。

由于微微网中经常有新的通信建立或撤消，信道在不断变化，所以必须进行信道维护，周期性地重新对信道进行估计，及时发现不能用的信道。当微微网中工作设备较少时，还能自动调整功率，节省能量。

3 蓝牙 AFH 的结构

蓝牙 AFH 结构如图 3 所示，在频率同步器和跳频序列发生器中加入了一个分组映射器，此映射器实际上是一个自适应频率选择器。

分组映射器结构如图 4 所示。他从所需分组中选择信道，通过 PN 映射设备，从原始跳频序列中选

择信道映射到分组序列中。每个信道表按升序列举分组信道的内容。

在分组映射后，平均移位信号使信道的利用得到均衡。这些移位信号是一系列的计数器，每一个计数器表示一个分组，第  $j$  个分组在  $\{0, 1, 2, \dots, N_j - 1\}$  范围内周期计数， $N_j$  是第  $j$  个分组中的信道数。被选择分组的计数器对下一个值进行计数，并把他作为移位信号的值输出。

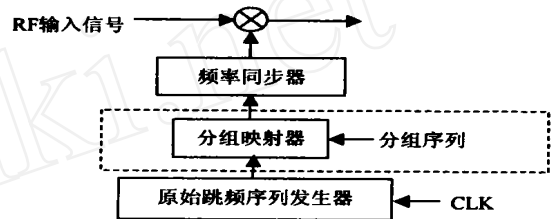


图 3 蓝牙 AFH 结构

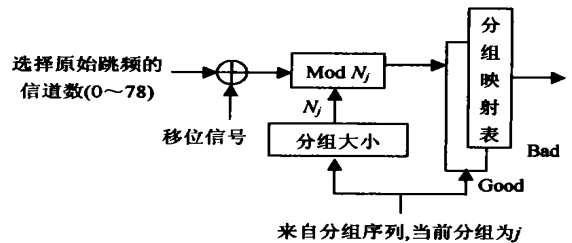


图 4 分组映射器结构

蓝牙中，信道被动态地分成 2 类信道：好信道  $N_G$  和坏信道  $N_B = 79 - N_G$ ，定义  $N_{min}$  为蓝牙设备通信所需的最少频率数。根据  $N_{min}$ ,  $N_G$  和  $N_B$  的关系，可以分为 H, L 两种模式：

3.1 L 模式

适用于  $N_{min}$  小于  $N_G$  的情形，此时跳频频点全部在好的信道中选择，如图 5 所示。当跳频发生器产生的是好信道，则不重新映射。当跳频序列中信道不好时，则重新从好信道库中选择一个好的信道。L 模式主要工作在 FCC 规定的低功率状态。

3.2 H 模式

适用于  $N_{min}$  大于  $N_G$  的情形，此时如果频率选择器输出为坏信道，重新选择代替坏信道的频点中，有可能在曾经被判断为坏信道的序列中选择跳频序列。H 模式在有坏跳的情况下，最大限度地支持通信要求。可以同时支持 SCO (面向同步的连接) 和 ACL (异步连接) 连接模式。

通过这 2 种模式，在蓝牙频率选择器中，如果输出的是好信道则直接使用；如果是坏信道，则在好的信道分组中重新选择频率。这样频率选择就避免了输出的频率与其他有干扰的频率相碰撞。

(下转第 80 页)

(3) 线程池中重用的线程对象 Work Thread

由 Cthread Pool 类中的成员 m\_m\_threadMap, m\_hWorkerIdPort 和成员函数 WorkerProc (void \* p) 构成。他是一个独立的线程对象, 通过 Process Job 方法执行由所在容器 Thread Pool 传递的任务。

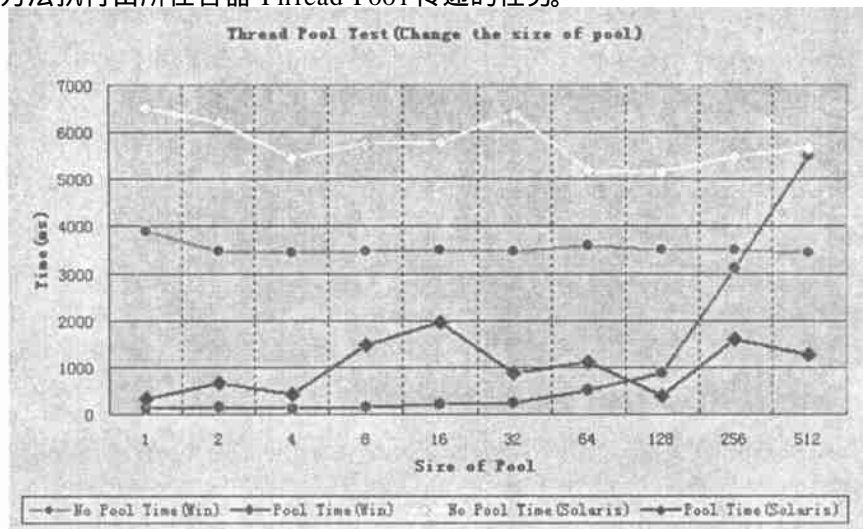


图 2 池的尺寸对性能的影响

(4) 任务对象接口 Iworker

所有客户任务都必须实现这个接口, 从而保证线程逻辑和应用逻辑的分离。

(5) 错误恢复

在 Manage Thread 对象中必须时刻监视 Thread Pool 中 Work Thread 对象的运行状况, 如果发生错误, 必须进行相应的处理保证所有的 Work Thread 对象的运行正常, 因此添加 GetThreadPoolStatus 方法。

(6) 动态管理

可以参照资源池的实现同样提供监视线程 Manage Thread 管理 Work Thread 对象的运行状态, 实现 Pool 的动态管理, 因此添加 AddThreads 和 Remove Threads 方法。

1.5 线程池的应用范围

线程池技术适用于那些需要大量的线程来完成任任务, 且完成任务的时间比较短的情况。像 Web 服务器处理网页请求这样的任务, 使用线程池技术是非常合适的。因为单个任务小, 而任务数量巨大, 可以想象为一个热门网站的点击次数。但对于长时间的任务, 比如一个 Telnet 连接请求, 线程池的优点就不明显了。因为 Telnet 会话时间比线程的创建时间长得多。

线程池技术适用于对性能要求苛刻的应用, 比如服务器要求迅速响应客户请求。

线程池技术适用于接受突发性的巨大请求。在没有线程池情况下, 突发性大量客户请求将产生大量线程, 虽然理论上大部分操作系统线程数目最大值不是问题, 短时间内产生大量

线程可能使内存到达极限。使用线程池技术可以较好地控制并发的服务数目, 不至于使服务器因产生大量线程的应用而崩溃。

2 结 语

线程池技术是组织服务器应用程序的有用工具。在概念上十分简单, 但在实现和使用一个线程池时, 却需要注意几个问题, 例如死锁、资源不足和资源泄漏等。在创建服务器应用程序来处理生存期很短的并发任务时, 线程池技术一定是首选技术。他可以显著改善服务器程序的性能, 在服务器领域有着广泛的应用前景。

(上接第 69 页)

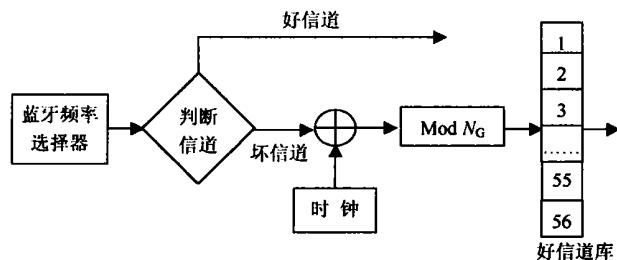


图 5 L 模式的映射方法

ten Before Transmission), AFH 和功率控制等。其中 AFH 机制能保持微微网中良好的 QoS, 保证网络正常的吞吐率和可靠性, 减少重发, 降低延时, 同时减轻了对相同频段其他无线设备的干扰, 从而提高了频率的利用率。

参 考 文 献

[1] KC Chen, HK Chen, CC Chao. Selective Hopping for Hit Avoidance, IEEE802.15.  
 [2] 朱刚, 谈振辉, 周贤伟. 蓝牙技术原理与协议 [M]. 北京: 北方交通大学出版社, 2002.

4 结 语

蓝牙采用一系列的技术来避免干扰, 如LBT (L-