

Zigbee 网络中的图像传输

陈松, 邵谦明, 朱谦

(复旦大学通信科学与工程系, 上海 200433)

摘要: Zigbee 技术采用 IEEE802.15.4 数据链路层和物理层协议, 但它不支持分组功能, 传输层中需要的分组和重组功能只能在应用层执行。为了测试 Zigbee 网络的图像传输状况, 该文建立一个支持多跳协议的传感器网络平台, 测试单跳和双跳情况下 JPEG, JPEG-2000 和矩形块_零树编码格式图像的传输, 给出实验结果并对统计数据进行了讨论。

关键词: Zigbee 网络; 传感器网络; JPEG 算法; JPEG-2000 算法; 矩形块_零树编码法

Image Transmission on Zigbee Networks

CHEN Song, SHAO Qian-ming, ZHU Qian

(Dept. of Communication Science and Engineering, Fudan University, Shanghai 200433)

【Abstract】 Zigbee uses IEEE 802.15.4 MAC and PHY layers. Transport layer functionalities such as fragmentation and reassembly are performed at the application layer, since Zigbee does not have a fragmentation support. In order to test transmission of images over Zigbee networks, this paper develops a sensor platform that supports multi-hopping. It tests the JPEG, JPEG-2000 and block-zero-tree coding images under several conditions. It presents the experimental result and discusses the resulting statistics.

【Key words】 Zigbee networks; sensor networks; JPEG algorithm; JPEG-2000 algorithm; block-zero-tree coding method

Zigbee 是一种新兴的短距离、低功耗、低速率、低成本、低复杂度的无线传感器网络技术。图像传输是 Zigbee 网络的一个功能。本文研究了应用 Zigbee 网络进行图像传输的问题, 对图像传输测试的结果进行了分析。

1 Zigbee 概述

Zigbee 可以通过 7 层 OSI 参考模型来描述, 底部的 3 层(物理层、数据链路层和网络层)以及应用程序接口(API)允许开发者利用这些层的服务来设计自己的应用。图 1 是 Zigbee 联盟所采用的层次协议的结构。Zigbee 联盟选择的是已有的针对低速个人领域的 IEEE802.15.4 网络标准的数据链路层和物理层协议。Zigbee 所使用的协议详见文献[1-3]。

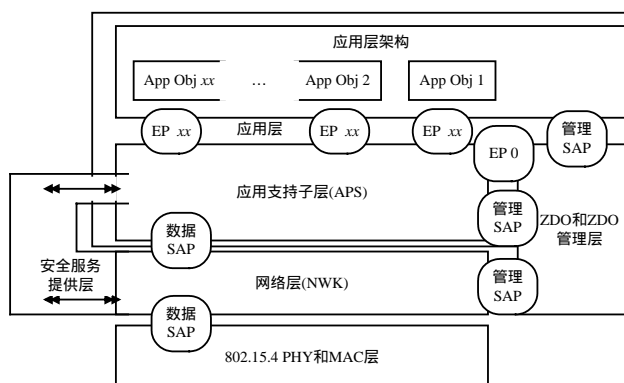


图 1 Zigbee 堆栈示意图

1.1 物理层特征

IEEE802.15.4 标准^[1]定义了 2.4 GHz 和 868/915 MHz 两个物理层, 它们基于直接序列扩频(Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS)数据包格式, 两者的区别在于工作频率、调制技术、扩频码片长度和传输速率。2.4 GHz 频段(2.4 GHz~

2.483 GHz)被划分为 16 个信道, 数据传输速率为 250 Kb/s, 码元速率为 62.5 KBaud, 采用 16 进制正交调制, 并采用码片长度为 8 的伪随机码直接扩频。915 MHz 频段(902 MHz~928 MHz)被划分为 10 个信道, 数据传输速率为 20 Kb/s; 868.6 MHz 频段(868.6 MHz)有一个信道, 数据传输速率为 20 Kb/s。915 MHz 频段和 868 MHz 频段均采用了差分编码的二进制移相键控(BPSK)调制, 用码片长度为 15 的 M 序列直接扩频。Zigbee 典型传输距离为 30 m~100 m。

1.2 数据链路层特征

IEEE802 系列标准将数据链路层分成逻辑链路控制(LLC)和媒介接入控制(MAC)2 个子层。其中, LLC 子层协议在 IEEE802.6 中定义为 IEEE802 标准系列公用协议, 而 MAC 子层协议来自于各自的物理层。

考虑到 Zigbee MAC 层的设计应尽可能地降低成本、易于实现、数据传输可靠、短距离操作以及低功耗, 因此, 采用了简单灵活的协议, 其帧有 4 种类型: 数据帧, 标志帧, 命令帧和确认帧。其一般结构如图 2 所示。

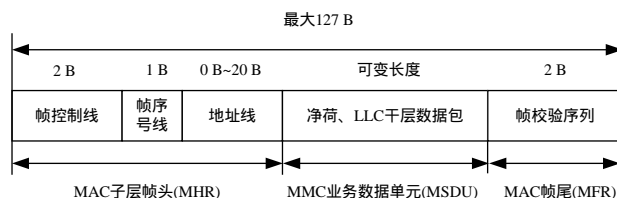


图 2 MAC 层帧结构

Zigbee 采用载波侦听多址/冲突的信道接入方式和完全

作者简介: 陈松(1983-), 男, 硕士研究生, 主研方向: 无线传感器网络; 邵谦明, 教授; 朱谦, 高级工程师

收稿日期: 2008-04-29 **E-mail:** 052021099@fudan.edu.cn

握手协议。其数据传输方式如图 3 所示。

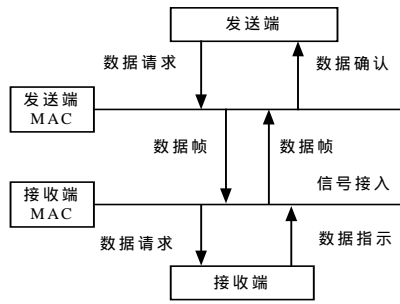


图 3 Zigbee 数据传输方式

1.3 网络层特征

Zigbee 协议栈的核心部分在网络层。网络层主要实现节点加入或离开网络、接收或抛弃其他节点、路由查找及维护、发现邻居节点和传送数据等功能。支持 Cluster-Tree, AODVjr, Cluster-Tree+AODVjr 等多种路由算法, 支持星型、树型、网格等多种拓扑结构。

2 Zigbee 上的图像传输

随着短距离无线通信系统市场的快速发展, 在安全和监视等相关领域, 基于图像的传感器网络越来越受到重视。但在设计一个高效的图像传输的无线传感器网络时, 还存在着许多未解决的问题, 最主要的原因之一是资源受限制, 例如能量供给和数据处理能力, 还有一些包括反向无线信道的状况以及不同图像压缩模式的误差恢复能力。

由于信道损耗、信道衰落、信号的串扰, 因此无线信道的传输能力远远低于有线信道, 误码率也要比有线信道高出许多。它的信道吞吐量会因为无线信道的时变特征而变化。

本文选择了 3 种图形格式: JPEG, JPEG-2000 和矩形块_零树编码法, 下文讨论这 3 种图像在 Zigbee 网络上传输的优缺点。

2.1 物理层和链路控制层的限制

在 802.15.4 的物理层协议中, 2.4 GHz 频段提供了最高 250 Kb/s 的速率, 物理层仅支持传输小于 127 B 的短数据包。除去在网络中的头部开销, MAC 层和物理层每个包只能包含不超过 89 B 的应用数据, 这就导致超过 89 B 的比特流被分割到几个数据包中。网络层不能对数据进行分割打包, 因此, 分割打包的工作只能由应用层来处理。为了检测以及重新传输过程中的丢失部分, 需要在网络层的上方建立数据流控制机制。

2.2 JPEG、JPEG-2000 和矩形块_零树编码法

JPEG、JPEG-2000 和矩形块_零树编码法^[4-5]在压缩效率和算法的复杂性上有较大不同。JPEG-2000 和矩形块_零树编码法相对于原有的 JPEG 标准有了很大的技术飞跃, 它放弃了 JPEG 所采用的以离散余弦变换算法为主的区块编码方式, 改用以离散子波变换算法为主的多解析编码方式。JPEG-2000 具有较高的源代码复杂性和较高的压缩效率, 而且它提供了渐进传输。而矩形块_零树编码法利用了不同层的小波系数之间的相关性和相邻区域的小波系数之间的相关性, 将具有相同属性的小波系数组织起构建新颖的矩形块_零树后进行编码, 具有更高的压缩效率和较低的计算复杂度。

在一个需要高密度分布的图像传感器网络中, 每个节点都需要捕获图像信息并将它传输到中心控制节点, JPEG 源代码的简单性使它在这种网络中应用得更为广泛, 另一方面, 如果不考虑源代码的计算复杂度, JPEG-2000 和矩形块_零树

编码法将比 JPEG 有更优越的容错性和丢包率性能。JPEG-2000 和矩形块_零树编码法的优越性能适合在源节点和目的节点需要对图像进行编解码而中间节点只是进行转发的网络。矩形块_零树编码法相比 JPEG-2000 具有更高的压缩效率和较低的计算复杂度。

3 实验

实验器材由 Freescale 的 6 个 Zigbee 节点构成, 支持 802.15.4 的物理层和数据链路层协议及 Zigbee 的网络层协议。在 Freescale 的开发套件上植入程序以支持压缩图像的分组与重构。实验的拓扑结构如图 4 所示。一个 Zigbee 汇聚节点作为整个结构的网关通过 RS-232 接口与 PC 机相连。该网关负责收集网络中各种数据, 例如网络的拓扑结构、邻接表和路由信息等。最简单的应用就是收集从网络中一个节点传输过来的图像数据, 通过 PC 机可以看到汇聚节点上的所有信息。在这个系统中, 由于 Zigbee 节点不带有视频功能, 因此直接在节点植入了压缩格式的图像。对于实验结果可以用 2 个参数来评价: 比特误码率和峰值信噪比(PSNR)。前者与连接状态和链路层有关, 后者与图像压缩效率和图像传输过程中的误码有关。

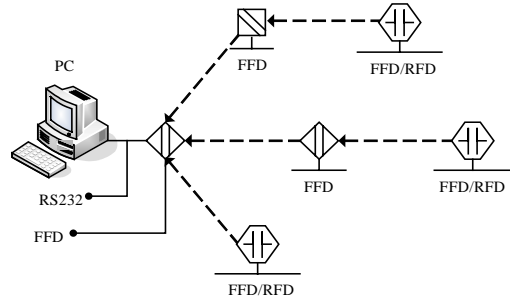


图 4 Zigbee 图像传输实验平台

假设传输图像在某一点 (i, j) 像素值被定义为 $T(i, j)$, 接收图像对应点的值作为 $R(i, j)$, 则接收图像的均方误差可通过下式计算:

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_i \sum_j (T(i, j) - R(i, j))^2$$

其中, M 和 N 为图像像素的维度。接收图像的 PSNR 的计算公式为

$$PSNR = 10 \lg \left[\frac{(2^B - 1)^2}{MSE} \right]$$

在比特误码率相同时, 分层编码的容错率要高于普通编码。在 1 跳和 2 跳路由的情况下, 对 JPEG、JPEG-2000 和矩形块_零树编码法格式的图像传输情况进行了实验。JPEG-2000 和矩形块_零树编码法的图像进行了 3 层编码。在两跳时, 3 个节点之间的 2 段距离与 1 跳情形下 2 个节点之间的距离相等, 中间节点并不对图像进行重建和误差恢复。每幅图像大小为 4 KB 的位流被均分为 80 B 的段, 每段数据插入一个 Zigbee 数据包。在接收终端对接收到的数据进行重组恢复图像。测量结果如表 1 所示。

表 1 接收图像无误码的成功率

跳数	JPEG 的成功率/(%)	JPEG-2000 的成功率/(%)	矩形块_零树法的成功率/(%)
1	74	91	93
2	55	76	79

可以看出, 矩形块_零树格式的图像无误码接收的成功率 (下转第 165 页)