

# 基于 Zigbee 技术的智能公交视频监控系统

## Video Monitoring System in Intelligent Bus Based on Zigbee Technology

刘 斌 刘宏立 (湖南大学 电气与信息工程学院 湖南 长沙 410082)

**摘 要:** 本文概述了 Zigbee 技术的基本原理,研究了基于多信道/多无线电接口的 IEEE 802.15.4/Zigbee 网络中分散节点间视频的传输,结合智能公交系统的典型特征,针对 Zigbee 技术和 MPEG4 编码器特性设计了一个智能公交视频监控系统的网络拓扑,该网络拓扑利用多描述编码增强了其视频传输的可靠性并给出了 ns-2 的仿真结果。

**关键词:** Zigbee 智能公交 MPEG4 多描述编码

近年来,小型化的设备快速发展,低功耗无线通信、微传感器和微硬件处理器的发展,小规模电源与分布式信号处理的结合,Ad hoc 网络协议,以及无处不在的普适计算的发展使得无线传感器网络(WSN)成为一种新的技术趋势<sup>[1]</sup>。

随着采集环境多媒体信息的硬件设备(如摄像头,麦克风),嵌入式处理器日益廉价,小型化,为多媒体无线传感网络进一步发展提供了可能。多媒体传感器网络具有音频,视频流,静态图像和标量数据(如温度,湿度,光照)等多媒体内容的采集,处理和传输能力。本文研究了应用低功耗,低速率,低成本 Zigbee 网络进行视频传输的问题,设计了基于 IEEE 802.15.4/Zigbee 网络的智能公交视频监控系统。

### 1 基于 Zigbee 的视频传输

随着计算机技术的发展,各种各样的视频服务涌现了出来,无线视频通信成为了学术界以及工业界所关注的热点。由于视频服务有着一些特殊的性质,如数据量大,需要连续传输、实时获取等,且无线环境固有的缺陷和限制如带宽太窄,处理能力有限等,无线视频传输质量一直得不到保证。本文提出利用 802.15.4 网络中的多通道和多无线电接口以及在多信道和多无线电接口中利用 MDC(多描述编码)增强性的拓扑结构,能够提高视频传输和视频压缩的性能。

### 1.1 Zigbee 堆栈协议研究

Zigbee 的基础是 IEEE 802.15.4,IEEE 802.15.4 标准定义了 Zigbee 协议栈中的物理层和 MAC 子层,Zigbee 联盟对其网络层协议和 API 进行标准化,以保证不同的设备之间可以通信。完整的 Zigbee 协议栈模型如图 1 所示,Zigbee 所使用的协议详见文献[2,3]。

IEEE 802.15.4 提供了两个物理层:2.4GHz 物理层和 868/915MHz 物理层,两个物理层共有三个频带,共分为 27 个信道。2.4 GHz 频段(2.4 GHz~2.483 GHz)被划分为 16 个信道,称为 12-27 号信道,每个信道的频带带宽达 5MHz,数据传输速率为 250 Kb/s;915 MHz 频段(902 MHz~928 MHz)被划分为 10 个信道,称为 1-11 号信道,数据传输速率为 20 Kb/s;868.6 MHz 频段(868.6.3 MHz)只有一个信道,称为 0 号信道,数据传输速率为 20 Kb/s。IEEE 802 系列标准把数据链路层分为介质访问控制层 MAC 和逻辑链路控制层 LLC。IEEE 802.15.4 的 MAC 子层支持多种 LLC 标准,使用物理层提供的服务实现设备之间的数据帧传输;而 LLC 子层在 MAC 子层的基础上,给设备提供面向连接和无连接的服务。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。

基金项目:国家高技术研究发展计划(863)(2007AA1A121)

收稿时间:2008-11-25

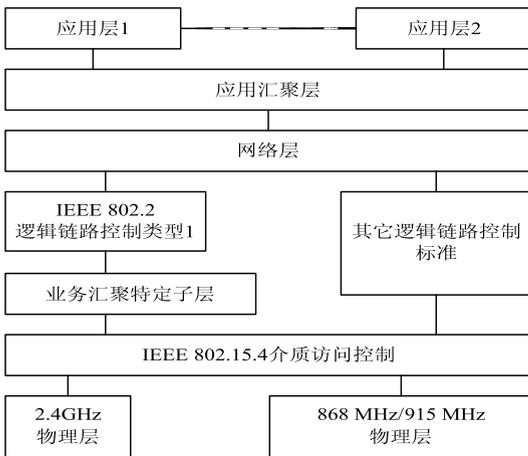


图 1 Zigbee 协议栈结构图

对 Zigbee MAC 层本文采用无时隙的 CSMA 信道接入机制使设备传输视频数据。

### 1.2 多信道/多无线电接口 Zigbee 网络的多描述编码

目前，IEEE 802.15.4 多信道技术标准仍然多用于单信道模式。如果在传输中使用多信道多无线电接口技术，必将提高网络吞吐量。自从 Ad-hoc 标准提出以来，有关多信道多无线电接口的研究都是基于 IEEE 802.11。然而，将其与 IEEE 802.15.4 网络结合用于多信道多无线电接口是比较容易的。文献[4]中提出了基于 IEEE 802.15.4 网络的自适应冲突避免的解决方案。文献[5][6]通过修改 MAC 子层协议使之能够支持并行传输的多信道网络。因为在 IEEE 802.15.4 中 ISM 2.4GHz 频带包含 16 个信道，通过增加一个或多个无线电接口，Zigbee 节点的功能将增强，因此，通过多个数据流传输视频是可能的。

考虑到单层编码信息包丢失会导致错误传播，从而急剧的降低了重构视频的整体质量[7]。本文考虑使用多描述编码 MDC，在多描述编码中由一个视频源生成多个码流，每个码流称为视频源的一种描述。MDC 假设在发送端和接收端之间有多个独立的并行信道，每个信道的质量都非常不稳定，但所有信道同时发生误码的概率较小。MDC 的各个描述分别在独立的信道上传输，在接收端根据被正确接收描述的不同，选择不同的解码恢复方案。只要有任一描述被正确接收，MDC 解码器就可以恢复出可接受的视频质量；如果有多个描述被正确接收，则视频恢复质量可以得到增强。MDC 的突出优势是其较强的抗丢包能力[8]。多描述编码结构图如图 2 所示。

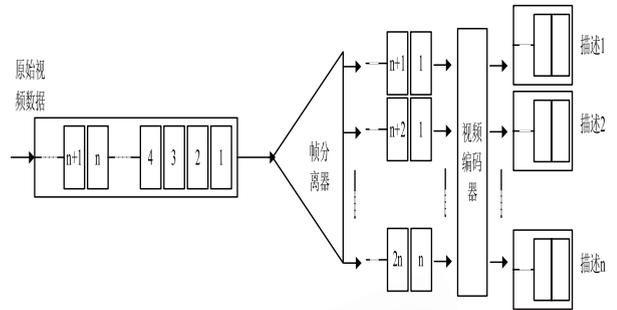


图 2 多描述编码

本文假设无线信道中错误的发生是随机的，使用多描述编码，视频总能够被重构，因为错误发生在一个信道中，这个描述可以从其他独立的信道传输中接受到。因此，在 Zigbee 多信道多无线电视频传输中使用了多描述编码，多传输信道和多描述编码结合可以提供足以抵抗苛刻网络条件的鲁棒性和达到负载均衡。

## 2 基于 Zigbee 技术的智能公交监控系统

公交车是城市市民出行的主要的交通工具，也是运输量最庞大的交通工具。在每天来来往往的公交车中都会发生一些令人不愉快的事情：如非法之徒抢劫、盗窃；态度恶劣的公交服务人员等等，这些事情都会给市民造成很大的精神和财产的损失。为了解决这些问题，在智能公交系统上加装视频监控，此视频监控共有 4 个摄像头，根据公交车实际情况安装到车厢不同位置，Zigbee 接收节点收到视频数据后可以通过 GPRS 发送给监控中心，监控中心将视频文件传至服务器，永久保存。

### 2.1 Zigbee 智能公交监控系统的设计需求

本系统要求对采集到的视频图像通过 Zigbee 网络实时发送，因为多媒体信息的数据量大以及 Zigbee 无线移动网络的低带宽和不稳定性，传送数据的编码方法成为了对于传送的实现以及传送质量都至关重要的一件事。本文采用 MPEG-4 视频编码标准对多媒体数据进行基于内容的处理，而针对多信道传输则采用多描述编码(MDC)，它提供了比基于多信道传输的单层编码更好的纠错能力；且针对 Zigbee 对视频传输算法和网络拓扑结构提出新的设计方法。

### 2.2 Zigbee 智能公交监控系统的总体设计

Zigbee 智能公交监控系统中 Zigbee 节点结构如

图 3 所示。图的左半部分由摄像头、图像分割和跟踪模块、多描述编码(MDC)模块和 RC-VBR MPEG4 编码器组成，该部分主要负责图像的获取、处理及码率控制。图的右半部分为 Zigbee 节点的协议栈，包括 Zigbee 上层协议，MAC 子层和物理层。值得注意的是从 MDC 输出的每个描述符传递给独立的 MPEG4 编码器，接着传递给独立的无线电接口。在该系统中，每个无线电接口工作在不同频率的信道，从而形成多信道多无线电接口拓扑结构。

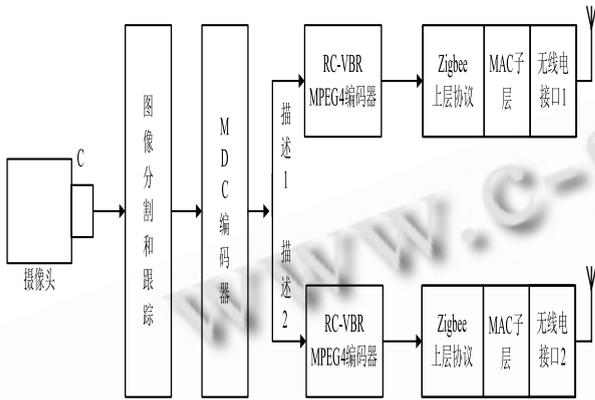


图 3 Zigbee 监控节点

### 2.3 Zigbee 智能公交监控系统的网络拓扑结构

考虑 Zigbee 网络传输的低速率特性，我们在对视频压缩时采用不同的 VBR 算法。VBR 技术的原理就是对低速运动甚至静止的画面使用较高的压缩率，而对于高速运动的一段片段用较低的压缩率。通过降低一部分画面质量减小其码率来补偿另一部分画面对带宽的额外需求，就可以达到与原来相同或相近的图像效果。

由于 RC-VBR 算法使能处理的视频源数目增加至 2(利用 2 跳系统)。利用两个信道两个无线电接口的网络拓扑可以使网络的吞吐量提高两倍，即含有两个信道的拓扑结构可以使视频源数目达到 4 个。聚合节点使用 2 个接口，两个接口使用不同的信道。在这里，我们分配 11 和 12 号信道给聚合节点。Zigbee 视频源使用一个接口和 11 号信道。由于整个拓扑结构中只使用了 2 个信道，因此接收器节点仅使用一个接口。所以，接收器节点使用第二个信道，也就是 12 号信道与其他的聚合节点进行通信。在多信道和多无线电接口中利用 MDC(多描述编码)提高视频接受质量的拓扑结构如图 4 所示。

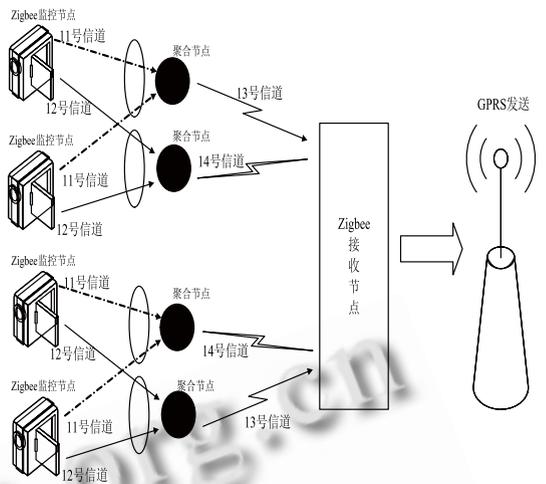


图 4 利用 MDC 的网络拓扑

### 2.4 Zigbee 智能公交监控系统的设计实现

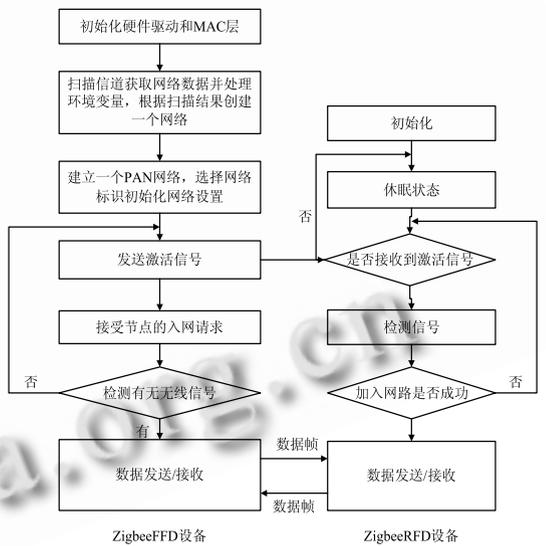


图 5 zigbee 网络通信流程图

Zigbee 智能公交监控系统主要由视频采集，嵌入式处理器，无线传输模块等相关硬件组成。本系统采用 TI 公司 DM6437 作为系统的控制和视频处理芯片，DM6437 采用最新的达芬奇技术，具有 CODEC 引擎，能够灵活的配置成支持多种视频编码标准的多媒体处理器，该芯片能够实时地将分辨率为 720×576 的输入视频编码成 MPEG4 格式；Zigbee 射频模块采用 Freescale 公司的 CC2430，该芯片可确保短距离通信的有效性和可靠性。系统的运行流程主要为：初始化硬件设备及接口；采集与压缩视频图像；Zigbee 发

送。Zigbee 网络采用分层通信协议,各层通信以原语的方式实现,我们使用 C 语言对原语进行设置调用,实现组网算法,详细步骤如流程图 5 所示。

### 3 Zigbee 智能公交监控系统的网络仿真

使用 ns-2 软件对上述拓扑结构进行网络仿真,首先在整体 MPEG4 视频编码的码率控制中,本文采用感兴趣区域技术,除了原始数据源其他所有源都利用 TES 模型产生。在整个仿真中,忽略无线信道产生的损耗。另外,每个节点采集的数据都将利用各自的 TES 模型产生的随机数进行仿真测试。对仿真结果可以用 2 个参数来评价:帧丢失率和峰值信噪比(PSNR)。

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:

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

建立仿真环境,设置主要参数:  $b = 100$  packets,  $r = 30$  packets/sec, 视频源传输距离  $D1 = 5$  m, 聚合节点传输距离  $D2 = 10$  m, 传输模型选择 Two-ray-ground-model。当设置视频源数目为 3 和 4 时,得到网络的帧丢失率为 0, 计算 PSNR 的值为 35.96 dB。而当设置视频源数目为 5 时,得到网络中的帧丢失率为 13.6%, PSNR 的值为 30.4 dB。这是因为该视频监控系统中总的视频源容量为 4, 在源数目为 3, 4 的情况下所有的源全都被接受到, 所以视频质量没有差别; 而一旦超过网络容量就会产生丢帧现象。仿真结果表明基于 Zigbee 技术的智能公交监控系统在理论上时可行的。

### 4 结束语

本文利用无线 Zigbee 网络设计了一个智能公交监控系统。公交视频监控系统不仅可以对犯罪行为进行防范,而且可以对司机的服务进行监督,还可通过视频监控系统对车辆运行状态和车内拥挤情况进行实时监控,及时合理调整公交车发班间隔,以缓解高峰期公交车乘客拥挤的状况。

### 参考文献

- 戴世瑾,张翼德,李乐民.无线传感器网络的路由协议研究与分析.计算机应用研究,2006, 23(12):294 - 297.
- Zigbee Alliance. Network Layer Specification. <http://www.zigbee.org>.
- Zigbee Alliance. Zigbee Application Framework. <http://www.zigbee.org>.
- Won C, Youn JH, Ali H, Sharif H, Deogun J. Adaptive Radio Channel Allocation for Supporting Coexistence of 802.15.4 and 802.11b. Proc. of Vehicular Technology Conference, 2005:2522 - 2526.
- Liu Y, Knightly E. Opportunistic Fair Scheduling over Multiple Wireless Channels. Proc. of Twenty-Second Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies, 2003:1106 - 1115.
- So J, Vaidya N. Multi-Channel MAC for Ad Hoc Networks: Handling Multi-Channel Hidden Terminals Using A Single Transceiver. Proc. of MobiHOC 2004.
- Apostolopoulos J, Wai-tian Tan, Wee S. Wornell GW. Modeling Path Diversity for Multiple Description Video Communication. Proc. of Acoustics, Speech and Signal Processing, 2002:2161 - 2164.
- 李彬,黄峰,孙立峰,杨士强.一种鲁棒灵活的非平衡多描述视频编码和传输方案.计算机学报, 2008,31(7): 1155 - 1164.