

无线传感网数据回收管理软件设计

白杨, 别红霞

(北京邮电大学 信息与通信工程学院, 北京 100876)

摘要: 无线传感器网络作为一种全新的信息获取与处理平台, 要求能对节点采集的数据进行快速、可靠地回收。本文在现有的无线传感器网络硬件节点基础之上, 实现了一种无线传感器网络数据回收管理软件, 旨在向用户提供图形化的界面, 以对节点的数据回收进行可视化管理。软件基于 Qt 图形界面库进行开发, 采用 UDP 协议实现和节点之间的通信。为了实现文件数据的可靠回传, 软件在应用层采用了超时重传和接收确认的设计, 并利用滑动窗口机制保证了 UDP 数据包的顺序重组。节点回传的实时数据主要包括温度、光照、节点电压、节点信号强度等, 软件将这些数据以实时曲线图的方式显示。实际测试结果表明, 该软件能快速、可靠的对节点数据进行回收。

关键词: 无线传感器网络; 数据回收管理; 滑动窗口机制; 可视化管理

中图分类号: TP212.9

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1003-6970.2013.01.010

The Design of Wireless Sensor Network Data Retrieve Management Software

BAI Yang, BIE Hong-xia

(School of Information and Communications Engineering, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

【Abstract】 As a new information retrieving and processing platform, Wireless Sensor Network (WSN) requires rapid and reliable retrieve of data collected by nodes. This paper designs a WSN data retrieve management software, based on pre-existing WSN hardware nodes, aiming to provide a graphical interface for users to visually manage node data retrieve. The software is developed based on Qt GUI library, using UDP protocol to communicate with nodes. In order to realize reliable transmission of file data, the software takes advantages of retransmission timeout and receipt acknowledgement in the application layer, using sliding window mechanism to recombine UDP packet in order. The real-time data transmitted by nodes mainly involve temperature, light intensity, node voltage and RSSI, which are shown in the form of real-time graph by this software. Actual test shows that this software can rapidly and reliably retrieve node data.

【Key words】 Wireless Sensor Network; management of data retrieve; sliding window mechanism; visual management

0 引言

无线传感器网络是近些年来国内外的一个研究热点^[1], 它通过大量散布的传感器节点相互协作地感知和采集节点周围的环境信息, 节点将采集到的数据通过多跳路由转发到网关节点, 使人们可以对目标监控区域进行远程、实时地监控。无线传感器网络具有组网迅速、健壮性强的特点, 尤其适于工作在较为特殊或者恶劣的环境下, 因此具有广阔的应用前景^[2]。

目前, 关于无线传感器网络的研究, 大多集中在拓扑控制^[3]、路由算法^[4]、数据融合^[5]等理论问题上, 涉及无线传感网应用的研究相对较少。在实际应用中, 需要对节点采集的数据进行处理和分析, 才能对无线传感器网络展开定量的研究。因此, 对节点数据回收进行管理就显得尤为重要。本论文设计了一种无线传感器网络数据回收管理软件, 该软件通过图形化界面向用户提供了节点实时数据波形显示、节点文件传输管理的功能。

1 系统结构和原理

本文所设计的无线传感器网络数据回收管理软件所工作

的网络系统结构如图 1 所示。图中的传感器节点由 ATMEL AT9200 ARM 板搭载 Gainspan 公司的 GS1011 芯片组成, ARM 板具有文件系统, 可以将数据采集卡采集的历史环境数据生成文件。GS1011 芯片是节点的无线通信模块, 负责完成节点周围环境信息的采集和传感器节点之间的通信。节点之间采用 Wi-Fi 进行通信, 数据回收管理平台与 sink 节点通过以太网相连接, sink 节点充当着网关的作用。(如图 1)

本系统通过在被感知区域部署传感器终端节点, 实时检测节点周围的光照、温度、节点信号强度 (RSSI)、电源电压信息。这些节点以自组织的方式 (AdHoc) 构成无线网络, 节点之间以及 sink 节点与数据回收管理软件之间通过 Socket 接口进行网络通信。

当有新节点加入网络, 或者有节点离开网络时, sink 节点向管理平台发送消息, 以更新网络拓扑视图; 用户向网络中的终端节点发起数据回收请求后, sink 节点作为协调者, 负责在管理软件和终端节点之间转发数据请求与应答消息。管理软件请求节点回传的数据类型包括实时数据 (TLS 数据) 和文件数据,

作者简介: 白杨 (1989-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为多媒体通信。

通信联系人: 别红霞, 教授, 主要研究方向为多媒体通信。

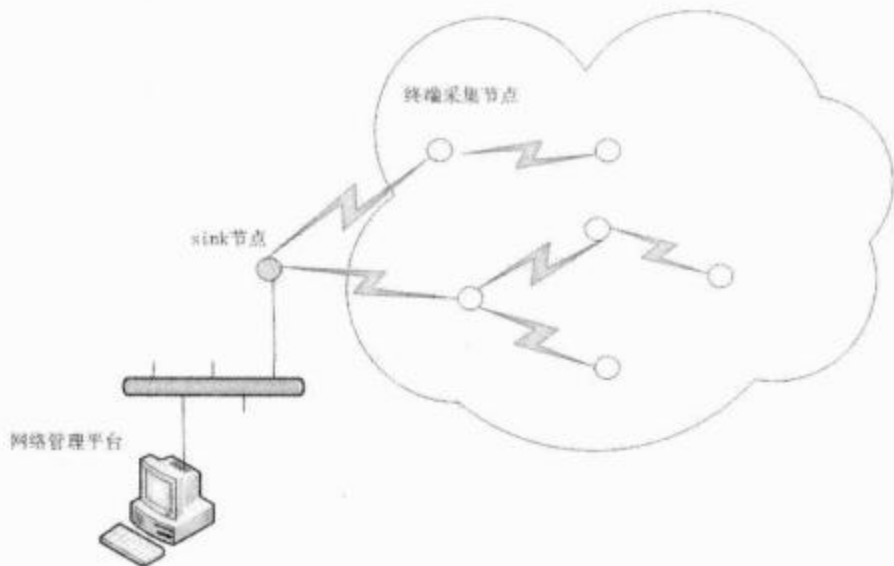


图1 系统结构示意图

Fig.1 system architecture paradigm

对于接收到的实时数据以波形图的形式进行显示, 对于文件分块数据则在本地按照正确的顺序将其重组成文件。

2 软件功能模块设计

按照软件工程“高内聚, 低耦合”的模块设计原则^[6], 以及节点数据回收管理的功能需求, 本系统分为通信模块、数据解析模块、拓扑显示模块和实时数据显示模块四个功能模块。

通信模块负责按照数据传输通信协议与sink节点进行通信, 并将接收到的数据交给数据解析模块进行解析; 数据解析模块根据数据包包头格式对包进行解析和相应数据的处理, 并根据接收到的消息来决定通信模块接下来的应答消息; 拓扑显示模块负责对无线传感网节点运行状况进行监控, 以对网络拓扑进行实时的更新显示; 实时数据显示模块将解析出的 TLS 数据以实时波形图的形式绘制在视图中。4个模块的组织方式如图2所示:

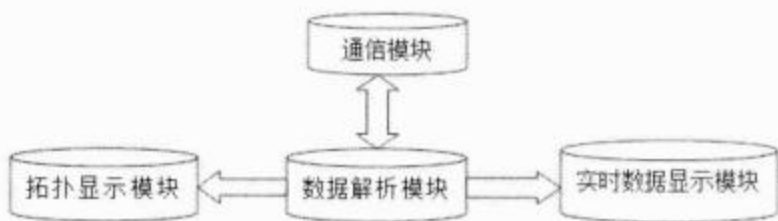


图2 软件功能模块示意图

Fig.2 Software functional module paradigm

Qt 作为开发环境, Qt 是一个跨平台的 C++ 图形用户界面应用程序开发框架。良好的封装性使得 Qt 模块化程度非常高, 同时, Qt 类库中提供了大量的图形组件类, 可极为方便地开发出自由定制外观的系统组件。软件主框架采用 QSplitter 进行布局分割。主视图左侧是一个列表框, 以节点 MAC 地址列表的形式显示当前网络中的节点; 主视图的右侧是个多标签的视图区, 分别可以显示根据 TLS 数据绘制的实时波形图, 以及当前网络的拓扑结构。

2.1 拓扑显示模块设计

为了实现对网络拓扑的有效监控, 本系统采用了 ZigBee 网络层组网策略对节点进行组网管理^[7], 整个网络的拓扑是以 sink

节点为根的树形拓扑。每个申请入网的节点, 会从网络中有能力接纳子节点的节点中选择一个作为父节点, 并由该父节点为其分配一个 32bit 的网络地址。由于这种地址采用了分布式的分配策略, 所以根据节点的网络地址, 可以确定其在网络拓扑中的位置, 进而构造出整个网络的拓扑。

网络中的节点通过周期性的发送广播消息, 使其父节点获知该节点的运行状况。如果超过一定时间阈值没有收到某个子节点的广播消息, 则表明该子节点已经离线。当子节点离线, 或者新节点加入网络时, 父节点会逐跳地向上一级节点报告节点入网 / 离线消息, 最终该消息通过 sink 节点发送到管理平台。该消息大小为 7 字节, 消息格式如下:

消息类型	网间地址	MAC地址后2位
1字节	4字节	2字节

图3 节点加入 / 离开网络消息格式

Fig.3 node join/leave network message format

节点网络消息的第 1 个字节代表着消息事件的类型, 0x00 表示节点离开网络事件, 0x01 表示节点加入网络事件。第 2-5 字节是节点在加入网络时由其父节点为其分配的网络地址, 第 6-7 字节代表着终端节点 6 字节 MAC 地址的后 2 个字节信息。

拓扑显示模块维护着一个键值为节点网络地址, 实值为节点 MAC 地址的容器, 用来存储网络节点信息。根据数据包的消息类型, 可以把新加入网络的节点信息插入容器, 或者将离开网络的节点信息从容器中删除。在容器内容发生改变后, 需要对网络的拓扑视图进行更新显示。按照网络地址从小到大的顺序对容器进行遍历, 根据当前遍历到的节点网络地址, 可以算出其父节点的网络地址, 然后在拓扑视图找到对应的父节点, 在视图里为其插入一个子节点。这样, 就按照先序遍历的顺序绘制出了整个树形的网络拓扑。

2.2 通信模块设计

通信模块与 sink 节点采用 UDP 协议进行通信, 对于文件数据的传输, 为了保证传输的可靠性, 本系统在应用层采用了发送方超时重传、接收方发送确认的机制。图4显示了通信模块与传感器节点之间进行文件传输的通信协议的包头格式, 包头大小固定为 24 字节。对于包含文件数据的数据包 (命令代码为 DAT), 包括包头在内的包的最大长度是 1024 字节。(如图4)

在进行文件回传的最初阶段, 通信模块首先向节点发出在线查询请求 (ISE), 终端节点接收到该请求后向管理平台发送确认消息 (ISE+OK), 同时将文件进行分块, 准备进行文件的回传。通信模块接收到节点的应答消息后, 向节点发起文件传输请求 (STT), 节点随后将包含文件信息的数据包 (INF) 发送给通信模块, 通信模块将文件信息提取出来, 并向节点发送确认消息 (INF+OK), 随后开始节点和通信模块之间的文件传输。通信模块对接收到的每个包含文件分块编号的数据包发送确认, 最后通过对重组出的文件大小进行校验, 判断本次文件传输是否成功。

通信模块对每个进行文件回传的节点都设置了一个时间戳, 该时间戳记录着上一次发送消息给该节点的时间, 同时还需要缓存上一次发给该节点的消息, 用来在节点应答超时的情况下进行重传。通信模块在每次对节点进行应答消息回复的同时, 需要更新该节点的时间戳。

ADHOC	0-3	4	5	6	7	8-11	12-23
	节点的编号	命令名	命令编号	编号文件后缀	数据包成功或失败确认	预留字节	时间文件大小
在线查询		ISE	1	窗口大小			超时重发间隔
在线查询确认		ISE+OK	2				
请求传输		STT	3				
文件信息		INF	4	后缀			文件长度 文件名
文件信息确认		INF+OK	5				
文件数据		DAT	6	数据包编号			数据包包长 文件数据
文件数据确认		DAT OK	7	数据包编号	0: 失败, 1: 成功		数据包包长
文件传输结束		FIN	8				
文件传输无误		SOK	9				
文件传输错误		ERR	10				

图4 文件传输通信协议消息包头格式

Fig.4 File transfer protocol message header format

通信模块周期性地检查各个节点的时间戳, 如果超过了最大超时间隔而时间戳还未更新, 就对该超时节点进行重传。每个节点都有一个最大连续超时次数, 当超过这一次数时, 表示该节点文件传输失败。图5展示了通信模块对节点进行超时检查的流程 (如图5)

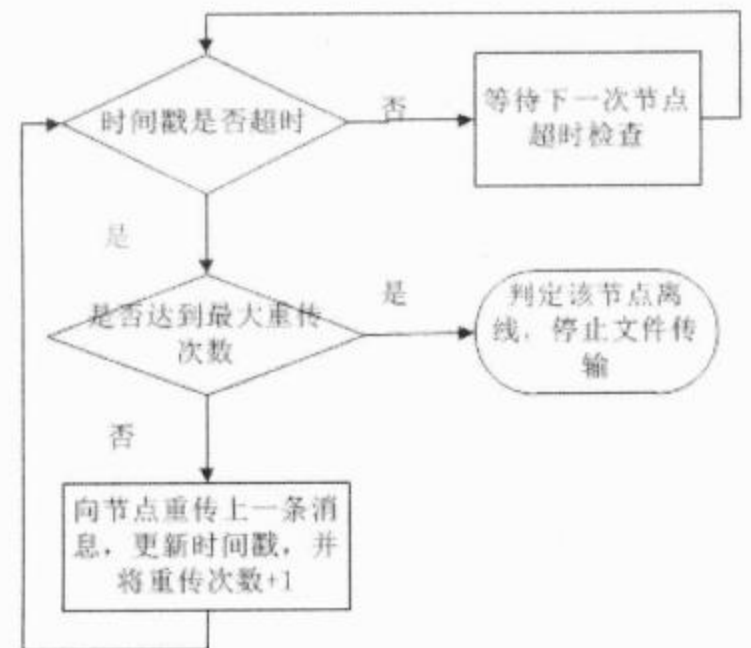


图5 节点超时检查流程图

Fig.5 Node timeout check flow chart

2.3 数据解析模块设计

数据解析模块负责对接收到的数据包进行解析和存储。对于文件数据的回收, 由于文件是经分块传输的, 所以需要解析后的数据包按照正确的顺序重组并写入本地文件, 为此, 数据解析模块采用了一种滑动窗口机制来进行保证。

作为文件发送方的网络节点, 将文件分块并将包含分块的数据包依次进行编号, 数据包编号范围是 0 ~ 99, 分块数大于 100 的就对 100 取余进行编号。文件发送方和接收方各自维护着一个大小相同的滑动窗口, 这个窗口大小是在通信模块向节点发送 ISE 在线查询请求时协商确定的。对于发送方面言, 编号在滑动窗口内且没有收到确认的数据包是其将要发送的数据包; 对于接收方面言, 编号在滑动窗口内的数据包是其将要接收并暂时缓存的数据包。

滑动窗口的应用, 使得接收方在可以缓存多个文件分块的同时, 记录下这些文件分块的相对顺序。为了按照正确的顺序将缓存数据写入本地文件, 数据解析模块每次缓存新的数据包后, 都要检查当前窗口是否需要滑动, 如果需要滑动, 则将窗口滑过的位置对应的缓存数据写入文件, 并等待缓存新的文件分块。

下图展示了滑动窗口大小为 5 的情况下, 窗口发生滑动的示例: (如图6)

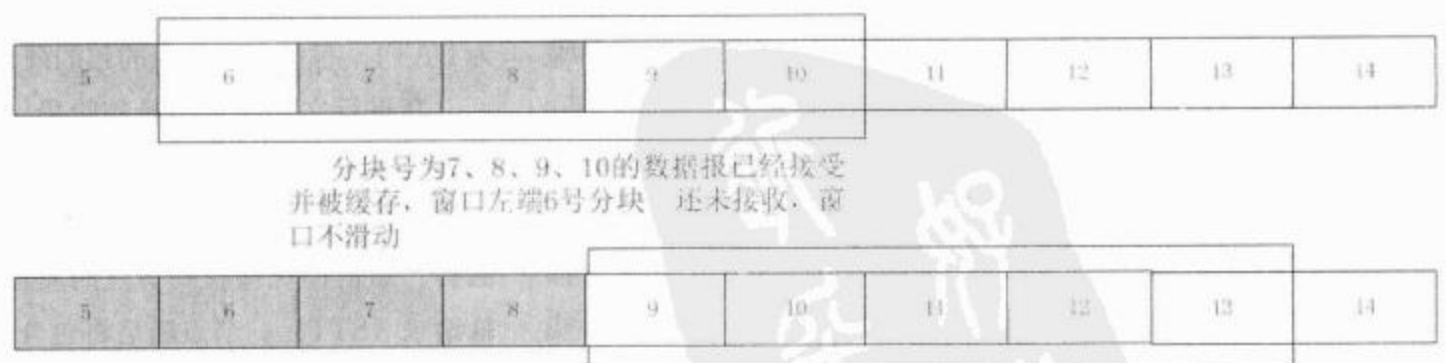


图6 滑动窗口滑动示例

Fig.6 sliding window slides

2.4 实时数据显示模块设计

实时数据显示模块将节点的实时数据绘制成波形图进行显示, 让

的发送时间, 纵坐标依次为终端节点采集的环境光强、温度、信号强度、电压值。本系统针对每个回传 TLS 数据的节点, 都维护了一组容器, 用来存放节点的 TLS 数据, 这组容器里的数据充当了实时曲线图的数据源。每次有新的 TLS 数据包到达, 就把解析结果存放到相应的容器中, 并对实时曲线视图进行更新绘制。

3 软件功能测试

本文实现的无线传感网数据回收管理软件在小规模的网络节点数据回收试验中的测试结果如图 7、图 8 所示, 网络中的测试节点个数共有 6 个。图 7 左侧视图显示了节点 MAC 地址列表, 选择其中 3 个节点进行实时数据的回收, 得到实时数据曲线图如图 6 右侧视图所示, 通过图 8 可以看出, 在对回传节点进行回传参数设置后, 进行文件回传的 2 个节点正确完成了文件的传输。(如图 7、图 8)

4 结论

本文设计并实现的无线传感器网络数据回收管理软件, 通过提供可视化的交互界面, 能够实现对节点数据便捷、快速、可靠的回收管理。它可以作为一个基础平台, 为无线传感器网络的进一步研究提供帮助。在后续的工作中, 可以考虑为软件增加数据库管理模块, 将节点回传的实时数据存储到数据库中, 向用户提供历史数据查询服务。

参考文献

- [1] 李建中, 李金宝, 石胜飞. 传感器网络及其数据管理的概念、问题与进展 [J]. 软件学报, 2003, 14(10): 1717-1725.
LI J Z, LI J B, SHI S F. Concept, Issues and Advance of Sensor Networks and Data Management of Sensor Networks[J]. Journal of Software, 2003, 14(10): 1717-1725. (in Chinese)
- [2] 崔莉, 鞠海玲, 苗勇, 等. 无线传感器网络研究进展 [J]. 计算机研究与发展, 2005, 42(1): 163-174.
CUI L, JU H L, MIAO Y, et al. Overview of Wireless Sensor Network [J]. Journal of Computer Research and Development, 2005, 42(1): 163-174. (in Chinese)
- [3] 冯炜. 无线传感器网络中拓扑控制问题的研究 [D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2009.
- [4] 唐勇, 周明天, 张欣. 无线传感器网络路由协议研究进展 [J]. 软件学报, 2006, 17(3): 410-421.

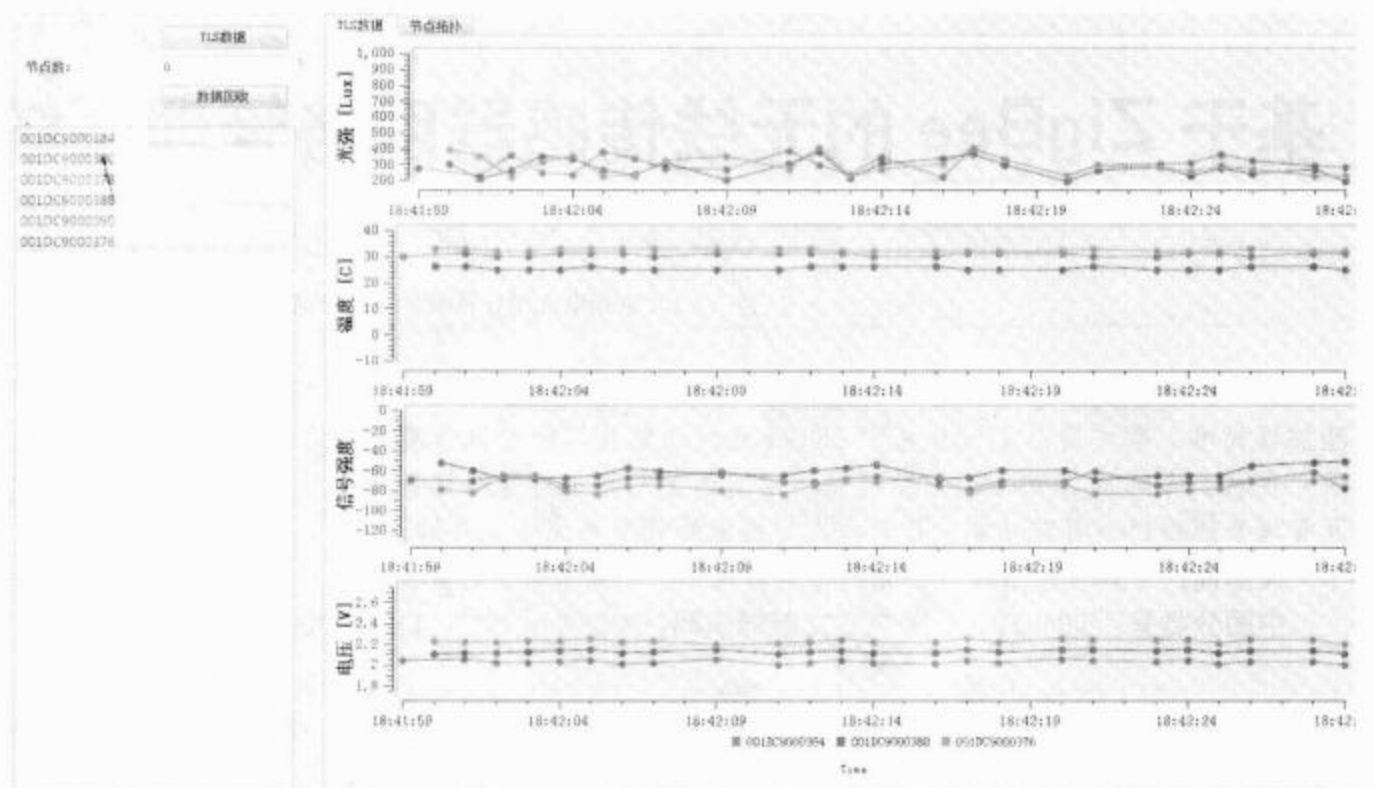


图 7 节点实时数据回传测试

Fig.7 Node real-time data retrieve test



图 8 节点文件回传测试

Fig.8 Node file data retrieve test

- [5] 谢志军, 王磊, 林亚平, 等. 传感器网络中基于数据压缩的汇聚算法 [J]. 软件学报, 2006, 17(4): 860-867.
XIE Z J, WANG L, LIN Y P, et al. An Algorithm of Data Aggregation Based on Data Compression for Sensor Networks[J]. 2006, 17(4): 860-867. (in Chinese)
- [6] 曹雷. 无线传感数据处理平台的软件设计 [D]. 哈尔滨: 黑龙江大学, 2010.
- [7] 孙静, 于洋. ZigBee 无线传感器网络树状路由协议研究 [J]. 通化师范学院学报, 2011, 32(6): 25-27.
SUN J, YU Y. Study on Tree Routing Protocol for ZigBee Wireless Sensor Network[J]. Journal of Tonghua Normal University, 2011, 32(6): 25-27. (in Chinese)