

文章编号: 1005-8451 (2009) 10-0023-04

基于 ZigBee 的集装箱信息系统组网和路由研究

余 峰¹, 徐宝军², 徐启禄¹

(1.西南交通大学 信息科学与技术学院, 成都 610031;

2.中铁济南勘测设计咨询院有限公司, 济南 250022)

摘要: 针对集装箱信息采集过程中的要求, 提出基于 ZigBee 无线传感器网络技术的集装箱信息系统中的组网和路由策略。该策略对集装箱信息系统中基于簇的跨层优化工作原理叙述, 通过综合考虑节点的路由跳数和剩余能量来优化路由, 从而保证网络内节点能量负载的均衡, 有效延长节点和网络的寿命。

关键词: 集装箱; ZigBee; 簇首选择; 剩余能量

中图分类号: U294.3 : TP39 **文献标识码:** A

Research on networking and routing for Container Information System based on ZigBee

YU Feng¹, XU Bao-jun², XU Qi-lu¹

(1.School of Information Sci. & Tech., Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;

2.China Railway Jinan Survey Design Consulting Institute Co.,Ltd, Jinan 250022, China)

Abstract: Against the request in container information collection process, ZigBee wireless sensor networks technology by analyzing specific characteristics of ZigBee technology, the strategy described cross-layer optimization working elements for Container Information System based on cluster. The routing hops and residual energy of nodes were taken as the parameter to optimize routing and then the strategy implemented energy load balancing between network nodes, prolonged the lifetime of node and network effectively.

Key words: container; ZigBee; cluster-head selecting; residual energy

在集装箱信息管理系统中, 集装箱信息的自动采集是关系工作效率的最重要的环节, 在保证安全的前提下提高信息采集的速度和准确性成为解决问题的关键。ZigBee 技术是一种新兴的短距离、低速率、低功耗、低成本以及高安全性的无线网络技术。但由于 ZigBee 传感器节点是由电池提供能量, 更换困难且数目庞大, 所以 ZigBee 传感器网络的节能策略一直是研究的热点。

1 ZigBee 标准及网络层关键技术

1.1 ZigBee 标准概述

ZigBee 技术是一种近距离、低复杂度、低功耗、低数据速率、低成本的双向无线通信技术, 主要适合于自动控制和远程控制领域。其物理(PHY)层和介质接入控制(MAC)层协议为 IEEE-802.15.4 协议标准, 网络层由 ZigBee 技术联盟制

定, 应用层可根据用户自己, 开发利用, 能为用户提供机动、灵活的组网方式。

1.2 ZigBee 网络特性

ZigBee 网络层主要实现组建网络, 具有为新加入网络的节点分配地址、路由发现、路由维护等功能。ZigBee 网络中的节点可以分为 3 种类型: ZigBee 协调点、ZigBee 路由点和 ZigBee 终端节点。

1.3 ZigBee 网络拓扑

ZigBee 网络层支持星型、树型和网状型拓扑结构。在星型拓扑结构中, ZigBee 协调器负责发起和维护网络正常工作, 保持同网络终端设备通信。在网状型和树型拓扑结构中, ZigBee 协调器负责启动网络以及选择关键的网络参数, 使用 ZigBee 路由器来扩展网络结构。在树型网络中, 路由器采用分级路由策略来传送数据和控制信息。网状型网络中, 设备之间使用完全对等的通信方式。

1.4 ZigBee 路由算法

在 ZigBee 网络中, 节点使用 Cluster-Tree 算法按照父子关系选择路径, 由 Cluster-Tree 建立的

收稿日期: 2009-03-03

作者简介: 余 峰, 在读硕士研究生; 徐宝军, 助理工程师。

路由不一定是最优的路径，会造成分组传输时延增加，容易造成网络中通信流量分配不均衡。ZigBee 中允许具有路由功能的节点使用 AODVjr 算法，即具有路由功能的节点可不按照父子关系而直接发送信息到其通信范围内的其他具有路由功能的节点，寻找通往目的节点的最优路径；不具有路由功能的节点使用 Cluser-Tree 路由发送数据分组和控制分组。

2 系统组网方案和路由策略

2.1 系统组网方案

在集装箱办理站站场网络中，将节点分为：协调器节点、路由节点和车载终端节点。基于 ZigBee 技术的集装箱信息系统站场组网总体方案图如图 1。

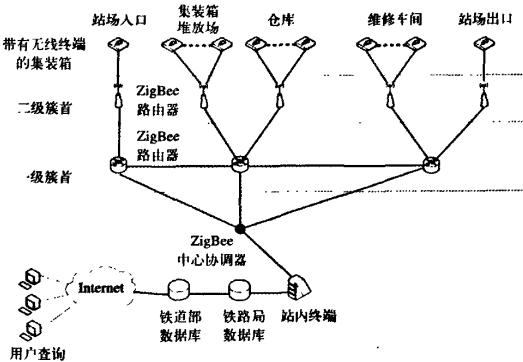


图 1 集装箱站场组网总体方案图

每个车载终端传感器都拥有一个唯一的 64 bit 的 MAC 地址来判定身份和定位。当集装箱进入站场网络范围内，将会被唤醒。入口处的路由节点采集到集装箱的 64 bit MAC 地址，并进行匹配。如果发现此地址已经存在网络中，将会以孤点的方式将终端节点重新加入网络中，但是不会为其重新分配网络地址。如果发现 MAC 地址未存在网络中，将会分配一个新的 16 bit 网络地址，并将信息传给上一级路由节点，直到传达给协调器。

2.2 改进的路由策略

根据 2.1 集装箱信息系统组网方案，将整个网络分为 3 层：最底层是车载终端节点和二级簇首路由首节点构成的星型网络，各终端节点直接跟二级簇首路由节点通信；中间层是在若干能量充足二级簇首路由节点中利用 LEACH (Low Energy

Adaptive Clustering Hierarchy) 协议选取群首节点作为一级簇首，各二级簇首的数据传输到一级簇首，在一级簇首进行数据融合，以达到降低网络通信量的目的；最上层各一级簇首直接和协调器通信，或通过其他一级簇首实现到协调器的多跳路由。

将节点根据其剩余能量划分到 2 个不同的区域：(1) 标准区：如果节点当前剩余能量大于 $C_{warning}$ ，它就位于标准区，该区域的路由节点可以参与数据的转发和分群；(2) 警告区：如果节点当前剩余能量小于 $C_{warning}$ ，它就位于警告区，在传输数据的时候尽量避开该区域的节点。

假设节点的初始能量为 $energy$ ， $C_{warning}$ 的设定如下：

$$C_{warning} = \frac{\beta}{f(x)} \sqrt{energy} \quad (1)$$

其中 β 为一特定系数，作用在于减缓 $C_{warning}$ 值减小的速度， $f(x)$ 为一函数，随 x 的变化而变化，其设定如下：

$$f(x) = \begin{cases} 1 & , x = 0 \\ \frac{1}{N_{total} - x} & , 1 \leq x < N_{total} \end{cases} \quad (2)$$

其中 N_{total} 是总路由器节点数，当组网完成后为一常量。 x 为变量，在下面做详细的定义。由式 (2) 可以看出， $f(x)$ 函数为递增函数， $f(x)$ 随 x 的增大而增大，当 x 趋近于 N_{total} 时， $f(x)$ 无穷大，并且 $f(x)$ 的增加幅度越来越大。因此，可以推出 $C_{warning}$ 为关于 x 的递减函数， $C_{warning}$ 随 x 的增大而减小，当 $C_{warning}$ 递减到一定程度，某些位于警告区的节点可能又成为标准区的节点而被继续利用。当 x 趋近于 N_{total} 时， $C_{warning}$ 值趋近于零，此时可以把仍低于 $C_{warning}$ 的节点看成死亡节点，并且 $C_{warning}$ 递减的幅度越来越小。

在中心协调器内部设置 2 个计数器 C1, C2。如果路由节点剩余能量值低于当前 $C_{warning}$ 值，则该节点向中心协调器发送 Warning 信息。中心协调器每收到一个 Warning 信息，计数器 C1 加 1。通过计数器 C1，中心协调器可以统计被警告路由节点在整个网络中所占的比例 P，设定一个阀值 T (0 < T < 1)。当 P > T 时，计数器 C2 加 1，式 (1) 和式 (2) 中的 x 是计数器 C2 的计数值，这样 x 的值每加 1

发生了变化,就会更新 $C_{warning}$ 值。更新完 $C_{warning}$ 值,计数器C1清零,重新统计被警告节点的数量,而计数器C2始终保存原有记录,不断累计 $C_{warning}$ 更新的次数。

路由算法包括以下阶段:

(1) 兴趣扩散及最小跳数场的建立: 协调器广播带有 $C_{warning}$ 和自身跳数的信息, 网络中相邻路由器之间交换信息, 各路由节点得到 $C_{warning}$ 值、自己到协调器节点的最小跳数和其邻居节点的剩余能量; (2) 判断路由器节点所属区域: 各路由节点将自身的剩余能量和 $C_{warning}$ 值进行比较, 判断属于标准区还是警告区; (3) 选取群首: 通过和 $C_{warning}$ 值的比较, 所有属于标准区的路由器节点利用LEACH路由协议选取群首作为一级簇首, 相邻区域内的其他路由节点和一级簇首构成群进行通信; (4) 一级簇首路径选择和数据发送: 各一级簇首路由节点根据其邻居一级簇首节点的跳数和传输数据的能量消耗计算权重, 选取权重最大的路径, 将数据发送至该路径中与之相邻的下一跳节点; (5) 路由维护: 当 $C_{warning}$ 值变化时, 协调器节点重新广播 $C_{warning}$ 信息, 各路由节点重新评估其所在的区域, 相邻路由节点之间更新跳数和剩余能量信息。

具体流程图如图2。

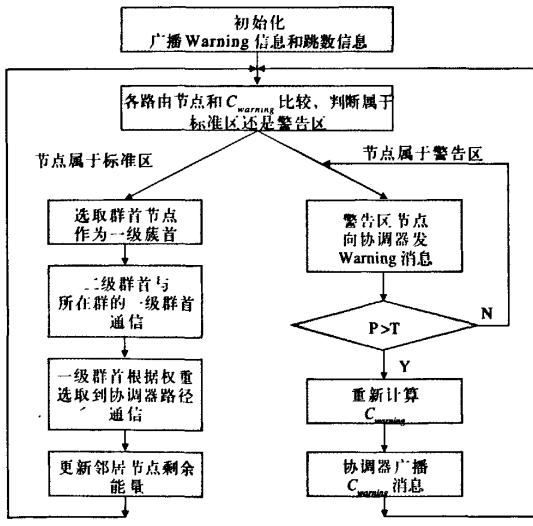


图2 路由算法流程图

各路由器节点和 $C_{warning}$ 值比较以后, 在处于标准区的节点中选取群首节点。参照LEACH算

法, 如何选取群首主要取决于网络中群首节点占所有路由器数目的百分比(在初始化时设置), 并且取决于这个路由节点在过去的操作中充当过群首节点的次数。对于一个节点n来说, 随机选取一个在0到1之间的数字成为标志值。如果节点n的这个标志值小于门限值 $T(n)$ 的话, 节点n就充当本轮的群首节点。

门限 $T(n)$ 定义如下:

$$T(n) = \begin{cases} \frac{p}{1-p*(r \bmod \frac{1}{p})}, & \text{如果 } n \in G \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (3)$$

其中: p是网络中群首节点所占总路由节点数目的百分比;

r是当前的轮数;

G是一个集合, 集合中的节点是处于标准区的并且前 $1/p$ 轮中没有充当过群首的节点。

一旦网络中的群已经形成, 各二级簇首路由器向作为群首的一级簇首节点传输数据, 一级簇首将经过融合的数据发给协调器节点。如果一级簇首路由节点与协调器节点直接相邻, 就直接把数据发给协调器; 否则, 选择最大权重路径将数据沿此路径发送至协调器。

对于边 $e=(u,v)$, u 是链路一个一级簇首路由节点, v 是 u 的邻居一级簇首路由节点, 令 $W(u,v)$ 表示此通信链路的权重。令权重的计算方法如下:

$$W(u,v) = w_1 * \frac{1}{Hop(v)} + w_2 * [P(v) - R(v) - T(v)] \quad (4)$$

其中: $Hop(v)$ 是 v 节点到协调器节点的最小跳数, $P(v)$ 是节点 v 的剩余能量, $R(v)$ 是传输开销, $T(v)$ 是接收开销, w_1 、 w_2 分别为跳数和能量的加权系数。

传输信道的损耗由数据包的大小和传输距离而定, 将长度为Kbit的报文传送到距离为d处的能耗和接收Kbit报文的能耗分别为:

$$\begin{aligned} E_T(k, d) &= E_{T-elec}(k) + E_{T-amp}(k, d) \\ &= E_{elec} * k + E_{amp} * k * d^2 \end{aligned} \quad (5)$$

$$E_R(k) = E_{R-elec}(k) = E_{elec} * k \quad (6)$$

式(5)、(6)中 E_{T-elec} 、 E_{T-amp} 、 E_{R-elec} 分别表示

文章编号: 1005-8451 (2009) 10-0026-03

铁道部公安局综合信息查询系统的研究与实现

孙玫肖, 初志强, 于 澎, 冯 燕

(中国铁道科学研究院 电子计算技术研究所, 北京 100081)

摘要: 分析铁路公安综合业务管理信息系统收集到铁道部公安局综合数据库中的数据信息, 在研究用户需求的基础上, 提出铁道部公安局综合信息查询系统的设计原则、系统架构, 实现对铁路交通事故、铁路危行案件、线路 5 类案事件、群体性事件和客车治安情况的统计、查询、打印报表和同期比对。

关键词: 铁路公安; 信息系统; 治安管理信息; 实现

中图分类号: TP39 文献标识码: A

Research and application on Integrated Information Inquired System at Bureau of Public Security of Ministry of Railways

SUN Mei-xiao, CHU Zhi-qiang, YU Peng, FENG Yan

(Institute of Computer Technology, China Academy of Railway Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: Base on researching user's demand, data in the integration database at Public Security Bureau of Ministry of Railways were analyzed. Design principles and system architecture of Integrated Information Inquired System for Bureau of public Security MOR were proposed. Statistical calculation, inquiry, printing report forms and contemporary comparison on railway traffic accident, jeopardizing railway accident, five kinds of rail track accident, mass meeting accident and public security in the train were achieved.

Key words: railway public security; Information System; public security management information; achievement

铁路公安信息系统试点工程正在建设, 综合业务管理信息系统(也称基层所队系统)建成后应用于基层派出所、刑警队, 完成了各种相关基础数

收稿日期: 2009-02-24

作者简介: 孙玫肖, 研究员; 初志强, 研究实习员。

据的收集, 并将基础数据信息逐级传输到铁道部公安局的数据库中。为充分利用铁道部公安局基层所队系统数据库中的数据信息, 满足铁道部公安局相关处室统计、查询和报表的需要而建设的铁道部公安局综合信息查询系统, 为铁道部公安局提供灵活便捷的综合查询统计方法和手段, 提

发送器单位能耗、传输放大单位能耗和接收器单位能耗, 其中 $E_{T-elec} = E_{R-elec} = E_{elec}$

由(5) (6) 式可得:

$$T(v) = k(E_{elec} + E_{amp} d^2) \quad (7)$$

$$R(v) = k * E_{elec} \quad (8)$$

其中: k 代表传输字节数, d 代表两节点间距, E_{elec} 、 E_{amp} 分别为常量。

3 结束语

本文根据集装箱站场集装箱信息采集中的要求, 并结合集装箱站场的实际情况, 提出了一种基于 ZigBee 技术的集装箱信息系统的总体组网方案和路由策略。在调整临界值 $C_{warning}$ 的基础上, 综合

考虑分群、路由跳数和节点剩余能量, 使网络的能量消耗达到平衡, 在一定程度上延长了网络的寿命, 为集装箱运输实现智能化、现代化管理奠定了基础。

参考文献:

- [1] 李文中, 段朝玉. ZigBee 无线网络技术入门与实战[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2007.
- [2] 蒋挺, 赵成林. 紫蜂技术及其应用[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2006.
- [3] 基于 ZigBee 技术的铁路集装箱信息采集系统的研究与设计[D]. 成都: 西南交通大学, 2008.
- [4] 班艳丽, 柴乔林, 王琛. 基于能量均衡的 ZigBee 网络树路由算法[J]. 计算机应用, 2008 (7).