

ZigBee 无线传感器网络节点部署策略研究

——面向数字农业信息采集

项新建,郭小青

(浙江科技学院 自动化与电气工程学院,杭州 310023)

摘 要: ZigBee 是一种新兴的无线网络技术,数字农业具有偏远、分散、易变、多样等特点,基于 ZigBee 技术的无线传感器网络是实现数字农业信息采集的最好方式之一。根据 ZigBee 无线传感器网络部署规划的原则,结合中国数字农业的现状,针对不同的数字农业信息采集空间结构,分析研究了几种 ZigBee 无线传感器网络节点的部署方案,计算了每种网络拓扑部署方案的最大网络容量和网络延时等参数指标,提出了一种面向数字农业信息采集的 ZigBee 无线传感器网络节点部署策略。该策略对无线传感器网络的拓扑结构没有特定的要求,可以支持随机部署或人工部署的 ZigBee 无线传感器网络。

关键词: 数字农业信息采集; ZigBee 无线传感器网络; 节点部署; 网络规划; 容量计算

中图分类号: TP393

文献标志码: A

文章编号: 1671-8798(2011)03-0189-04

Research of ZigBee wireless sensor network nodes deployment strategy: Application in digital agricultural data acquisition

XIANG Xin-jian, GUO Xiao-qing

(School of Automation and Electrical Engineering, Zhejiang University of Science and Technology,
Hangzhou 310023, China)

Abstract: ZigBee is an emerging wireless network technology. According to china's digital agricultural features such as remote, dispersion, variability and diversity, the ZigBee-based wireless sensor network for digital agricultural data acquisition is one of the best ways to build the system. Based on ZigBee wireless sensor network deployment planning principles and the status of our digital agriculture, we study several ZigBee wireless sensor network nodes deployment programs for different conditions, calculate their largest network capacity, network latency and other parameters, and propose a wireless sensor network nodes deployment strategy for digital agricultural data acquisition. This strategy is no specific requirements to the wireless

收稿日期: 2010-12-25

基金项目: 浙江省自然科学基金项目(Y108268);浙江省重大科技专项项目(2009C11042)

作者简介: 项新建(1964—),男,浙江省永康人,教授,硕士,主要从事智能检测、智能控制理论与技术的研究。

sensor network topology structure, and can support the ZigBee wireless sensor network by random and manual deployment.

Key words: digital agricultural data acquisition; ZigBee wireless sensor network; node deployment network planning; capacity calculation

中国农业存在着地域分散、作物多样、物种纷杂、因素复杂等特点,是受环境影响最明显的领域,因此,数字农业的数据实时采集就显得很重要。现有的数据采集系统通常使用人工统计或有线数据系统。有线数据系统方法在一定程度上提高了工作效率,但仍不能实现实时有效的数据采集,而且还严重地受到地理位置、物理线路和复杂环境因素的影响。近几年,现代无线网络技术和计算机应用技术的发展迅速,因此把先进的无线传输技术应用到数字农业信息采集领域就成为一种紧迫的任务。为适合中国数字农业地域特点,基于 ZigBee 无线传输技术的传感器网络已成为数字化农业信息采集的较理想的系统解决方案^[1]。

无线传感器网络由许多部署在监测区域的无线传感器网络节点组成,它是一种通过无线传输而建立的多点自组织的网络,旨在收集不受地理位置限制的信息并发送到控制中心。ZigBee 无线技术有体积小、能耗低的特点,因此,ZigBee 无线传感器网络技术可以很好地满足数字化农业的信息获取需求。本文将根据 ZigBee 无线传感器网络的组网原则及中国数字化农业的现状,分析研究几种不同条件下 ZigBee 无线传感器网络节点部署方案,计算各种节点部署方案的系统最大网络容量和网络延时等参数指标^[2],提出一种面向数字化农业信息采集的 ZigBee 无线传感器网络组网方案。

1 ZigBee 技术简介

ZigBee 是一种新型的近距离、低功耗、低数据传输速率、低成本、易于实现的无线网络传输技术,是介于无线射频技术和蓝牙技术间的无线传输解决方案,主要用于短距离无线传输^[3]。ZigBee 实现了数以千计的小型传感器节点的互联互通,这些传感器通过无线电波传递传送数据,信息在无线网络节点间传输只需要很少能量,并且通信效率非常高。

ZigBee 的基础是 IEEE 802.15.4 协议,该协议包括物理层、基于 IEEE 802.15.4 的 MAC 层、网络层和 ZigBee 的应用层。该网络系统具有低功耗、低成本、短延迟、大容量、安全的特性。IEEE 802.15.4 协议明确地定义了 3 种拓扑结构:星形结构、树形结构和网络结构。并且该协议规定了 2 种类型物理设备:全功能节点(FFD)和精简节点(RFD)。全功能节点支持任何类型的拓扑结构,并能与任何节点通信;精简节点只支持星形结构,并只能够与全功能节点通信。IEEE 802.15.4 网络需要一个全功能节点作为网络服务节点,而终端节点一般使用精简节点(RFD)来降低系统的成本和提高电池寿命。在 ZigBee 的网络层,网络地址采用分布式的地址,这些地址在某一特定网络中是唯一的。ZigBee 协调器也是一种全功能的设备,它决定了能接入到网络的最大允许节点数量。

2 基于 ZigBee 无线传感器网络的数字农业信息采集节点部署策略研究

在设计系统之前,首先需要很好地了解系统的应用环境和 ZigBee 的系统特性。系统应用环境包括目标系统的数据采集结构、无线频带和信号传输环境,系统特性包括射频输出功率和接收器的灵敏度。

网络容量和可扩展性应该被认为是通用节点的重要部分。标准的 ZigBee 网络容量能够支持多达 65 000 多个网络节点,每两个邻近的节点需要用 15 ms 去完成一次通讯。然而在实际应用中需要考虑网络覆盖范围和响应时间。单点容量大了,覆盖范围扩充不大;响应时间大了,应用业务实现不了。这就需要为不同的应用环境设计不同的网络拓扑结构,通过计算不同拓扑形式的网络容量和响应时间,设计不同应用环境下的数字农业信息采集的节点部署策略^[4]。

2.1 数字农业信息采集系统的空间架构

根据中国的地形、气候特性和地区农业经济发展的不同模式,农业生产地区可能是平原、高原、丘陵、

草原、山区、湖泊、湿地等,与其农业生产相对应的往往是农田、果园、花园、牧场、鱼塘、渔场等。根据 ZigBee 网络的布网原则,数字农业信息采集的结构分为如下各项:

- 1) 线性结构。比如小的矩形的温室,细长形状的鱼池。
- 2) 平面网络结构。比如正方形的大规模的农田、牧场等。
- 3) 空间网络结构。比如在山上的果园、花园等。
- 4) 混合型结构。这是一个有线性的、平面的、立体空间网络结构的网络空间,比如包括鱼塘、农田和果园的大规模的农场。

2.2 ZigBee 无线传感器网络节点的线性结构

线性网络是一种最简单的网络,可用于矩形温室的数字农业信息采集。全部的网络只有一个路径,该路径决定了节点的数量,相当于网络层或者中继段。这个中心节点位于全部网络的中心,网络循环扫描周期(中心节点从所有的节点收集网络信息时间)取决于网络节点数。每次通讯周期估计要 15 ms,所以整个网络循环扫描一遍的时间 T 可以被表示成:

$$T=15 \times 2 \times (1+2+3+\cdots+n) \quad (1)$$

式(1)中: T 是全部网络节点循环扫描的时间,ms; n 是网络层,网络节点是 $2n$ 。

当 $T=30$ s 时,计算得到 $n=43$,这就是说在 30 s 时间里,线性结构网络可拥有扫描 86 个节点的能力。以通讯距离 100 m 计算的话,全部网络的覆盖范围是 $(n-1) \times 2 \times 100 = 8\,400$ m = 8.4 km 长的线性范围。根据式(1),当 $n=22$ 时, $T=5$ s。也就是在 30 s 的循环扫描时间里,网络能被分成 6 片,每片最大容量是 44 个节点,这就允许网络覆盖范围达到 14 km^2 (近似的 $\pi r^2 = 13.85$),全部的网络容量也增加到 $264(6 \times 44)$ 个节点。

分析结论:线性网络的一个片在 30 s 的扫描时间里最大容量是 86 个节点,尽量减少中继节点有助于提高网络容量。

2.3 ZigBee 无线传感器网络节点的平面结构

应用于大型的农田和牧场的平面网络结构较为复杂,其复杂程度与网络路径多寡有关;扫描时间分析也更加复杂,本文拿方形的作简要分析。

ZigBee 平面网络结构图如图 1 所示,假设一个节点在任何 2 根直线的交点上,中心节点在网络的中心,围绕着中心节点的 8 个节点能直接通讯,16 个节点需要 2 个中继节点,24 个节点需要 3 个中继节点。全部的网络扫描时间可以被表示成:

$$T=15\text{ ms} \times 8 \times (1+4+9+\cdots+n \times n) \quad (2)$$

$$N=8 \times (1+2+3+\cdots+n) \quad (3)$$

式中: n 是网络层; N 是网络节点的容量。

当 $T=30$ s 时,计算得到 $n=8$, $N=268$ 。也就是在 30 s 的循环扫描时间里,二维平面网络节点最大容量是扫描 268 个节点。以每个节点的通信距离为 100 m 计算,全部网络的覆盖范围是 $1.6 \times 1.6 = 2.56\text{ km}^2$ 的区域。如果中心节点在全部网络拓扑结构的边缘,很显然网络将会增加层的数量,延长了扫描时间,并且减少了网络节点的容量。

分析结论:这个中心节点应该尽可能地设置在网络拓扑结构的中心,越靠近边缘,扫描时间就越长,并且在限定的扫描时间里,全部的网络容量将变得更小。

2.4 ZigBee 无线传感器网络节点的立体网络结构

立体网络结构更加复杂。可以想象在 N 层高,每层分布 n 块梯田的果园内,每块梯田装一个通信节点所组成的网络结构。

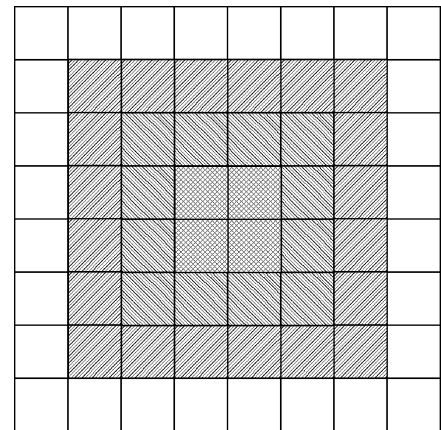


图 1 ZigBee 平面网络结构

Fig. 1 Plane network structure for ZigBee

全部的网络扫描时间表示成:

$$T = N \times t + n \times 15 \text{ ms} \times (1 + 2 + 3 + \dots + N - 1) \quad (4)$$

式(4)中: T 是全部的扫描周期; t 是单层的扫描周期; n 是每个平面节点的数量; N 是立体层数。

根据式(4), 每个平面可以被当作平面网络结构, 整个网络由若干垂直分布的平面网状网络组成。在 30 s 的扫描周期里, 当每层有 25 个节点时, 它只能扫描 11 层。若把每一平面层看成是一个二分支线性结构网络, 整个网络由若干垂直分布的二分支线性网络组成, 在 30 s 的扫描周期里, 当每层有 24 个节点时, 它只能扫描 8 层。

分析结论: 空间网状网络的系统性能和每个平面层的节点个数有直接的关系, 为增加网络容量, 每个层的节点数量将被限制。

3 结 语

ZigBee 网络节点部署在构建农业数字信息采集网络中是非常重要的。为了减少网络部署优化的工作量^[5], 要根据使用现场环境和使用要求, 采用灵活组网的方式来构架拓扑结构。网络的部署设计是一个系统的工程, 需要有丰富的无线网络规划经验和积累。

参考文献:

- [1] 杨喜敏. 传感器网络中的能量消耗问题研究[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2006(1): 27-29.
- [2] 刘丽萍, 王智, 孙优贤. 无线传感器网络中的资源优化[J]. 传感技术学报, 2006, 19(3): 917-925.
- [3] 彭爱平, 郭晓松, 蔡伟, 等. 无线传感器网络能量管理研究[J]. 传感器与微系统, 2007, 27(8): 1-5.
- [4] ROUMDY S, OTIS B P, CHEEY H, et al. A 1.9GHz RF transmit beacon using environmentally scavenged energy [C]//ISPLED 2003. Seoul: ISPLED, 2003: 25-27.
- [5] 唐云建, 梁山, 冯会伟, 等. 低功耗射频唤醒无线传感器网络设计[J]. 传感技术学报, 2007(10): 2328-2332.

~~~~~  
(上接第 184 页)

### 5 结 语

工业设计创新是提升产品附加价值最有效的途径之一, 也是低碳经济发展的重要手段。为推动设计创新, 一要建立激励创新制度和健全知识产权保护及科学的行业价格指导, 保障设计创新能力发展; 二要鼓励不同学科的人员参与设计研究, 促进知识多元化设计团队的形成, 进行深度的设计研究和形成有力的设计依据, 提升设计创新能力; 三要形成企业工业设计绩效评估机制, 客观衡量设计的价值, 保证和提高设计创新获利的能力; 四要通过国家、企业、个人三方面的努力, 建立博物馆, 继承和发展企业的经典产品, 对少年儿童进行设计教育, 形成中国的设计价值观, 延续企业产品生命和振兴传统手工艺行业, 并以独特的设计价值观使得中国的产品顺利进入国际社会。因此, 既要根据中国实际情况学习吸收国外的先进经验, 也要关注设计人员的利益, 提升企业利益, 更要考虑国家利益, 使各个方面的相互利益做到最大化, 这样才能充分发挥工业设计的价值。

#### 参考文献:

- [1] 庄永成. 我国工业设计急需建立健全社会化服务体系[C]//中国科学技术协会. 节能环保 和谐发展——2007 中国科协年会论文集(二). 北京: 中国科学技术协会声像中心, 2007: 524-526.
- [2] 王晓红. 制约我国工业设计发展的因素及政策建议[J]. 中国经贸, 2010(11): 76-79.
- [3] 赵江洪. 设计心理学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2005: 71-72.
- [4] CAGAN J, VOGEL C. 创造突破性产品——从产品策略到项目定案的创新[M]. 辛向阳, 潘龙, 译. 北京: 机械工业出版社, 2004: 117-210.
- [5] 涂翠珊. 设计芬兰[M]. 上海: 上海人民出版社, 2009.
- [6] 于清华, 张春彬. 品味芬兰设计物语[M]. 宁波: 宁波出版社, 2008: 17.