

结果显示本方法对排序的性能具有一定的改善。接下来,将考虑结合词间的语义关系等改进文本图的结构,

(下转第 194 页)

融合 RFID 的无线传感器网络节能研究^①

邬春学, 谭石来, 刘 磊

(上海理工大学 光电信息与计算机工程学院, 上海 200093)

摘 要: 针对节省传感节点能耗和均衡整个网络中各节点能耗的问题, 该文提出一种融合射频识别设计与优化路由协议的无线传感器网络节能方法。该方法首先采用 RFID 标签和阅读器分别与无线传感器网络节点以及无线设备融合, 然后对该融合策略进行分析与设计, 最后结合了 LEACH 算法的思想。实验仿真表明, 新方法在延长整个网络生命周期和降低整个网络中的能耗方面明显优于 LEACH 算法。

关键词: 射频识别; 无线传感器网络; 融合; 轮换簇头; 节能

WSN Energy-Saving Research of Integrating RFID

WU Chun-Xue, TAN Shi-Lai, LIU Lei

(University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: According to the issues of saving energy consumption of sensor nodes and balancing energy consumption of each node in the whole network, this paper proposed a wireless sensor network energy-saving method of integrating RFID design and optimizing the routing protocol. The method firstly respectively integrated RFID Tags and Readers with wireless Sensor Nodes as well as wireless devices, and then made the analysis and design for the strategy of the integration, and finally combined with the idea of the LEACH algorithm. The experiment simulation results demonstrated that the new proposed method was prior to the traditional LEACH algorithm in the terms of prolonging the network life cycle and reducing the energy consumption of the whole network.

Key words: RFID; WSN; integrate; cluster head node; energy-saving

1 引言

传感器网络由传感器节点组成, 传感器节点是一个微型的嵌入式系统, 它有低功耗, 低成本的特点, 只能携带有限的电池。近年来, 无线传感器网络技术一直受能量的制约, 因此, 如何高效使用能量来最大化网络生命周期是无线传感器网络的首要设计目标及面临的首要挑战。目前, 对无线传感器网络的节能研究主要集中在硬件设计、MAC 协议及网络路由协议等方面。

由文献[1]可知无线传感器网络中无线通信模块在发送状态的能耗最大, 在空闲状态和接收状态的

能耗接近, 略少于发送状态的能耗, 在睡眠状态的能耗最少。

无线传感器节点发送 kbit 数据到与之相距 d 的另一点所消耗的能量为^[2]:

$$E_{Tx}(k, d) = E_{elec} * k + \epsilon * d^n * k \quad (1)$$

节点接收 kbit 数据消耗的能量为:

$$E_{Rx}(k) = E_{elec} * k \quad (2)$$

其中 E_{elec} 表示将 1bit 数据进行编码调制等处理的能耗。 $\epsilon * d^n$ 为发送 1bit 数据消耗的放大器能量, 由通信距离和误码率决定。 ϵ 为传播损耗系数, n 为传播损耗指数。N 的大小与传输环境有关, 通常在 2 到 4

① 基金项目:国家自然科学基金项目(60573142, 60874002);科学研究计划技术创新基金项目(J200512001)

收稿时间:2011-10-07;收到修改稿时间:2011-11-05

之间。

由文献[3, 4]可知 LEACH 算法的分簇结构降低了节点发送功率,减少了不必要的链路,减少节点间干扰,达到保持网络内部能量消耗的均衡,延长网络寿命的目的。

但是该算法也存在一些问题:

- 1) 簇头节点选定之后,要向网络覆盖的所有区域发送广播信息,这个过程要消耗相当多的能量。
- 2) 开始新一轮工作,都要重新选取簇头,这一过程每个节点都要参与,需要消耗大量的能量。
- 3) Sink 节点离普通传感节点的距离通常比较远,每个簇头节点与 Sink 节点通信,能量消耗大。

由文献[5]可知在无线传感器网络中,位置信息对传感器网络的监测活动至关重要,而 RFID 技术对物体的标示有着得天独厚的优势,所以可以将 WSN 和 RFID 技术有机结合,达到功能互补的效果^[6],即,WSN 的传输距离远远大于 RFID 传输距离,RFID 可以通过融入无线设备来增大其传输距离,而 RFID 在定位跟踪方面有其独到的优势,可以用于传感器节点的定位。

由上分析可知如何降低发送、接收、空闲等状态的能耗是一个亟待解决的问题。由此,本文提出一种融合 RFID 设计与优化路由协议的 WSN 节能方法,引入 RFID 技术设计休眠机制^[7],提出簇头节点按节点位置信息轮换的算法,重点研究整个网络的系统设计和路由协议两方面。

2 系统设计和路由实现

2.1 RFID 标签与 WSN 节点以及无线设备的融合

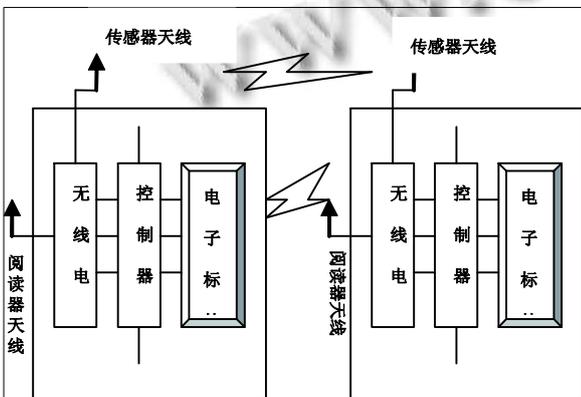


图 1 融合 RFID 电子标签的 WSN 节点互通结构图

在无线传感器网络中无线通信模块的空闲状态耗能比较大,我们可以引入休眠和唤醒机制,当节点周围没有其感兴趣的事件时,利用休眠机制使节点进入休眠状态,需要通信时再用唤醒机制对其进行唤醒,这样可以节省大量能量。如图 1 所示为两个融合了 RFID 电子标签的传感器节点通信结构图,该结构可以达到休眠和唤醒机制。

如上图所示,每个节点都有两种天线,一种是 RF 传感器天线,另外一种 RFID 阅读器天线。融合的电子标签监听相邻节点的 RFID 阅读器天线,如果检测到有通道活动,标签唤醒传感器来监听通道,并且通过 RF 传感器天线接收数据,否则传感器节点将保持在休眠状态。

2.2 RFID 阅读器与 WSN 节点以及无线设备的融合

如图 2 所示为 RFID 阅读器与无线传感器节点以及无线设备的融合的结构。

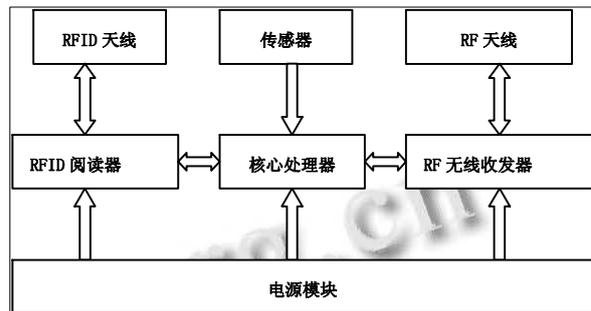


图 2 RFID 阅读器与 WSN 节点以及无线设备融合的结构图

如上图所示,这个融合节点由 RFID 阅读器、RF 无线收发器以及在节点中协同不同组件工作的核心处理器组成。该融合的思想:通过核心处理器连接阅读器与 RF 无线收发器,阅读器不仅具有给其它阅读器天线转发信息的路由功能,而且可以接收其它阅读器天线发送的信息。用户能够通过阅读器之间多跳互通的机制读取超过阅读器正常阅读范围的远距离标签,从而可以准确读取一定区域中所有传感器节点的位置信息。

2.3 路由算法与实现

如图 3 所示,在传感区域外有一 Sink 节点,还有

一个 RFID 阅读器与无线传感器节点以及无线设备融合的点作为链首节点, 区域中采用 RFID 标签与无线传感器节点以及无线设备融合的点作为传感节点。首先将区域中的节点按节点分布划分为几个合理的区域^[8], 然后在每个区域中选取一个合适的节点作为该区域的簇头节点, 各区域中的簇头节点将收集到数据信息通过多跳方式传送至链首节点^[9], 最后由链首节点传送至 Sink 节点。该系统设计的优势: 链首节点和区域中的其它节点都融合了 RFID 技术, 通过这样的设计可以很准确的确定每个节点的位置信息; 设计的传感器节点具有睡眠和唤醒机制(如 2.1 节描述), 很好的降低了节点空闲状态的能耗。

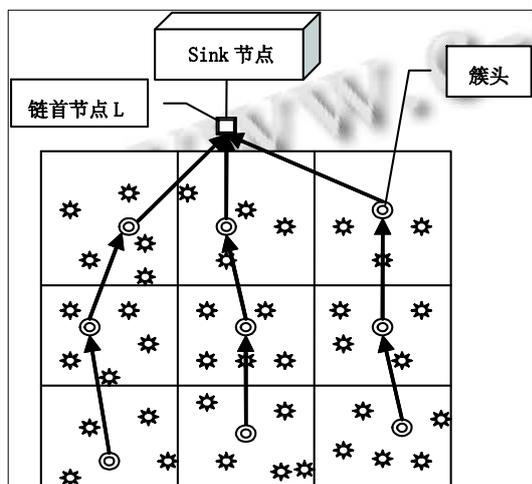


图 3 网络中节点区域划分及各节点组成原理图

该算法的前提条件和具体描述:

该算法考虑的是一个区域大小已知, 在传感器区域外有一个 Sink 节点和一个链首节点的情况, 并做出以下假设:

- 1) 所有传感器节点是平等的, 他们的初始能量都相同设为 nJ 。
- 2) 传感器节点与 Sink 节点以及链首节点位置固定不变。
- 3) 各传感器节点向任意方向发送数据的功率相同, 接收数据的功率也相同。
- 4) 整个传感器区域划分好区域后各区域不在变化。

该算法的基本思想: 首先将区域中的节点按节点分布划分为几个合理的区域, 然后在每个区域中选取一个合适的节点作为该区域的簇头节点。在接收和发

送数据之前根据 RFID 定位的各节点坐标信息计算出一次数据传输过程的能耗, 确定簇头节点的一个阈值, 如果簇头节点的能量小于该阈值, 簇头节点就变为普通节点并让剩余能量最多的节点成为下一个簇头节点。传输时, 各区域中的簇头节点将收集到数据信息通过多跳方式传送至链首节点, 然后由链首节点将信息传送至 Sink 节点。算法的具体描述如下:

在一个已知区域内, 区域面积为 $M \times M$, 传感器总数为 N , 推导出最优的区域划分:

$$Q = \sqrt{\frac{N \times \varepsilon_{amp} \times M^2}{2\pi(2 \times E_{static} + \varepsilon_{amp} + D_{toL}^2)}} \quad (3)$$

其中, D_{toL} 表示整个区域中各节点到节点 L 的平均距离, E_{static} 与 ε_{amp} 为无线能量模型中的参数^[10]。

2) 假设划分的某个区域 Q_1 中有 a_1, a_2, \dots, a_m 共 m 个节点, 在此引入一个网络拓扑特性调节函数 $H(n)$ 确定每个区域中第一个簇头节点, 使靠近簇结构中心位置定的剩余能量越大而且平均工作能耗越小的节点有更高几率当选簇头节点:

$$H(n) = 1 - \left[\sum_{i=1}^k d(n, neighbors(i)) / (k \cdot C_R) \right] \quad (4)$$

其中, C_R 为经验参数, 表示节点能效最高时的通信半径; $neighbors(i)$ 表示以 n 节点为圆心, C_R 为半径的 Q_1 区域内所有其他节点; k 表示该区域中除 n 节点外的其他节点总数即 $m-1$; $d(n, neighbors(i))$ 表示两节点之间的距离。当 $H(n)$ 的值越大, 若节点 n 被选为簇头节点, 则它就越接近成簇的中心位置, 簇头节点与簇内其它成员通信的代价也就越小。

3) 假设式 (3) 确定的簇头节点为 a_j 节点, 则节点 a_j 到链首节点传输能耗为

$$E1 = E_{Tx}(k, d) = E_{elec} * k + \varepsilon * k * l_{jL}^3 \quad (5)$$

其中, l_{jL} 为节点 a_j 到 L 的距离。

4) 根据 RFID 定位的各节点坐标, 确定 Q_1 区域内其它节点到 a_j 簇头节点之间的距离, 设分别为 $l_{1j}, l_{2j}, l_{3j}, \dots, l_{mj}$, 其中 l_{ij} 表示节点 a_i 到簇头节点 a_j 之间的距离。

5) 簇头节点 a_j 第一次广播所需能耗为:

$$E2 = \sum_{i=1}^{m-1} (E_{elec} * k + \epsilon * l_{ij}^3 * k) \quad (6)$$

6) 簇头节点从区域中其它普通节点接收数据的能耗为:

$$E3 = (m-1)E_{elec} * k \quad (7)$$

7) 确定簇头节点的一个阈值, 如果簇头节点剩余能量小于该阈值就变为普通节点, 由上面的能耗可知, 簇头节点进行一次数据传输最少能耗为发送数据到节点 L 的能耗 E1、广播能耗 E2、接收簇内节点数据信息的耗能 E3 的总和即总能耗为 E=E1+E2+E3, 所以在此将该阈值设为 E。

8) 根据节点接收和发送数据能耗计算公式可知, 传输距离越小其能耗越小, 所以距离簇头节点最近的节点其剩余能量最多。当前一个簇头节点的剩余能量达到定义的阈值时变为普通节点, 距离簇头节点最近的节点变为新的簇头节点, 然后重复(3)-(6)的步骤更换新的簇头节点。

9) 每个区域中的簇头节点收集好数据后通过多跳方式将数据信息传送到节点 L, 然后由链头节点 L 传送给 Sink 点。

由上可知该算法比分簇模型 LEACH 算法有明显的优点:

1) 该算法结合了 RFID 定位的优势, 确定了传感区域中的所有节点的具体位置信息, 方便计算一次数据传输过程簇头节点的能耗。

2) 该算法根据普通节点和簇头节点之间的距离确定下一个簇头节点, 不需要比较其它节点的剩余能量, 减少了网络中信息传输量。

3) 该算法中各个区域中的簇头节点通过多跳方式将信息传输到 Sink 节点, 该过程有效的降低了原始算法簇头节点通过单跳方式直接将信息传输到 Sink 的能耗。

3 实验和分析

对于系统设计, 将在已划分区域中选取一个区域为实验对象, 假设为 Q1, 其中有 5 个传感器节点, 各节点传输数据为 1bit, $E_{elec}=50 \text{ nJ/bit}$, $\epsilon = 100 \text{ pJ/bit/m}^2$ 各节点之间的距离如下表 1。

传统的 LEACH 算法中第一轮簇头节点一般由 sink 点指定, 其它簇头节点的轮换通过节点剩余能量的比较来确定, 假设该区域一共有 4 个簇头节点轮换

(依次为 A,B,C,D, 其中 A 为 sink 指定簇头节点)。该情况下, 确定下一轮簇头节点所需的能耗为 E1(第一轮簇头节点广播所需能耗)、E2(普通节点将自身剩余能量信息传送簇头节点所需能耗)、E3(簇头节点接收

表 1 区域中各节点之间的距离

| 距离 | A | B | C | D | E |
|----|---|---|---|---|---|
| A | 0 | 1 | 2 | 4 | 3 |
| B | 1 | 0 | 3 | 6 | 4 |
| C | 2 | 3 | 0 | 3 | 2 |
| D | 4 | 6 | 3 | 0 | 3 |
| E | 3 | 4 | 2 | 3 | 0 |

其它节点数据的能耗)、E4(其它节点接收簇头节点广播信息的能耗)、E5(新的簇头节点广播所需能耗)的总和。确定簇头节点 B 的各部分的能耗为:

$$E1 = 4E_{elec} + (1^2 + 2^2 + 4^2 + 3^2) * \epsilon$$

$$E2 = 4E_{elec} + (1^2 + 2^2 + 4^2 + 3^2) * \epsilon$$

$$E3 = 4 * E_{elec}$$

$$E4 = 4 * E_{elec}$$

$$E5 = 4 * E_{elec} + (1^2 + 3^2 + 6^2 + 4^2) * \epsilon$$

所以确定簇头节点为 B 的能耗为 E=E1+E2+E3+E4+E5=1012.2 nJ, 同理确定簇头节点 C 和 D 的能耗分别为 1008.8 nJ 和 1012.2 nJ。

加入了 RFID 定位技术的算法中, 在轮换选取下一个簇头节点过程中, 通过 RFID 定位的准确位置信息来确定下一个簇头节点, 而不需要比较其它节点的剩余能量, 减少了网络的通信量。该算法轮换簇头节点的能耗仅为确定新的簇头节点向其它节点广播自己为的能耗与其它节点接收簇头节点广播信息的能耗总和, 即确定簇头节点 B 的总能耗为:

$$E = 4 * E_{elec} + (1^2 + 3^2 + 6^2 + 4^2) * \epsilon + 4 * E_{elec} = 406.1 \text{ nJ}$$

同理确定簇头节点 C 和 D 的能耗分别为 402.6 nJ 和 407 nJ, 综上所述 LEACH 算法和加入 RFID 技术的 LEACH 簇头节点轮换和耗能的关系如图 4 所示:

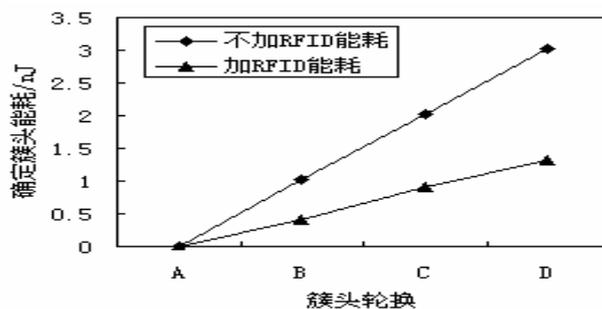


图 4 簇头节点轮换和确定簇头节点能耗关系图

本文中利用 RFID 技术设计出节点休眠和唤醒机制，有效降低了空闲状态的能耗。假设整个网络的生命周期为 550s，其中节点处于空闲状态的时间为 50s 且空闲时间区间为 100s-110s, 150s-160s, 200s-210s, 260s-270s, 350s-360s 5 个空闲时间段。在空闲状态，没有利用 RFID 设计节点休眠和唤醒机制时各节点不断监听网络，此时也在不断耗能，设计休眠和唤醒机制后只有在节点相互唤醒时需要耗能设能耗为 0.5 nJ，睡眠状态时能耗为 0。两者的能耗和空闲时间段的关系如下图 5：

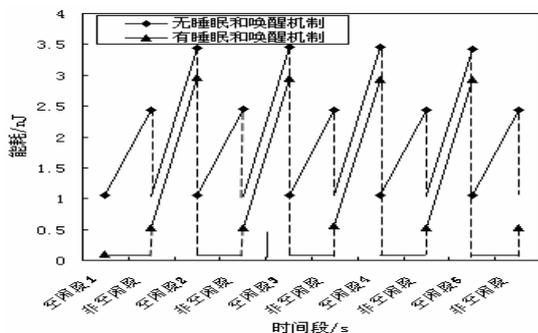


图 5 能耗和空闲时间段的关系图

如图 5 所示，无休眠和唤醒机制时空闲状态也需耗能 1.5nJ,当有数据传输时耗能为 2.5nJ。设计了睡眠和唤醒机制后，节点在空闲状态没有能耗，当节点被唤醒时需要耗能 0.5nJ，唤醒后有数据传输，传输阶段的耗能与没有休眠和唤醒机制的传输阶段耗能一样为 2.5nJ.说明该机制在空闲阶段有效降低了能耗。

在上述系统设计基础上对算法进行仿真，并对结果进行分析，评价该算法的性能。

传感器节点数为 100，均匀分布在 100*100 的被测区域内，Sink 坐标为(30,60)。所有节点初始能量一样都为 3J，数据包长度 1kB，发送和接受数据的能耗分别为 50nJ/bit 和 40nJ/bit,放大电路功耗为 100pJ/(bit.m2),节点死亡率与时间/轮的关系如图 6 所示。

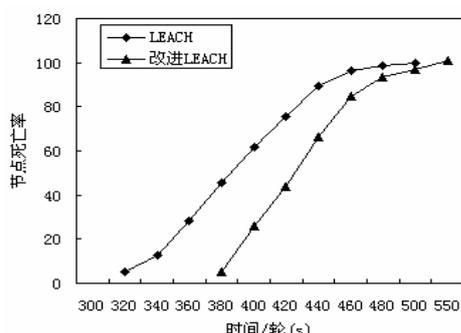


图 6 节点死亡率与时间/轮的关系图

实验中对原始的 LEACH 和改进的 LEACH 算法在节点死亡率与时间/轮方面进行对比。如图 7 所示：图中显示，LEACH 算法从 310s 后节点就开始明显死亡，而改进的 LEACH 算法从 370s 后节点才明显开始死亡，LEACH 算法节点在 500s 基本后都死亡，而改进的 LEACH 算法可以持续到 550s 后，而且节点死亡时间比较集中，均衡了整个网络节点的负载，有效延长了整个网络的生命周期。

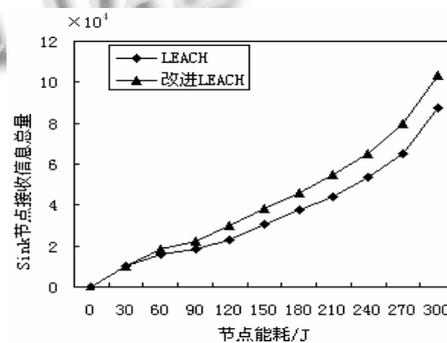


图 7 节点能耗与 Sink 节点接收信息总量关系图

如图 7 所示，因为前期没有涉及簇头节点轮换，所以 LEACH 与改进算法基本持平，但总的来说改进算法中 Sink 节点接收到的信息总量比 LEACH 算法要高，节省下的能量传送了更多的有效数据，更加合理的利用了节点能量，同时改进算法能够合适的选取簇头节点的阈值，不会频繁的轮换簇头节点。

4 结语

本文提出一种融合 RFID 设计与优化路由协议的 WSN 节能方法，通过 RFID 标签和 RFID 阅读器分别与 WSN 节点以及无线设备融合的设计与分析，结合 LEACH 算法提出一种新路由算法。在系统设计中，不仅能够精确确定网络中传感节点位置信息，而且休眠和唤醒机制可以有效降低节点空闲状态能耗。路由时，首先将整个网络区域合理划分为几个不同的区域，然后在各区域按节点确定的位置信息有序的轮换簇头节点。相比于传统的 LEACH 路由算法，整个设计极大降低了整个网络的通信量，减少了网络的能耗，均衡了网络负载，有效延长了网络的生命周期。

参考文献

(下转第239页)

1 彭晨,郭静,裴灵犀.无线传感器网络中的节能策略.控制工

Android 应用中一种 Activity 窗口管理系统^①

夏德冰, 陈庆奎

(上海理工大学 光电信息与计算机工程学院, 上海 200093)

摘要: Android 应用程序是由多个组件组成的, Activity 作为 Android 程序的重要组件之一, 用于显示可视化的用户界面, 接收与用户交互所产生的界面事件。本文提出了 AWMS(Activity Window Management System)机制, 用于在多 Activity 窗口的应用中存储已开启的 Activity 窗口, 以方便程序调用 Activity 句柄, 对其数据及状态进行操作。实现了对 Activity 实例的获取以及对任务中每一个 Activity 的获取。

关键词: Android 操作系统; Activity 生命周期; Activity 窗口管理; 多任务

Activity Window Management System in the Android applications

XIA De-Bing, CHEN Qing-Kui

(School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: Android applications are composed of multiple components, Activity as an important component of Android applications, used to display a visual user interface and receive user interface events generated by interaction. In the paper, AWMS(Activity Window Management System) mechanism is used to store the Activity window in multiple applications, which simplified operation for calling Activity handle to operate its data and state. Thus implement the simplified operation for getting the Activity instance and each of the Activity in the tasks.

Key words: Android operating system; activity life cycle; activity window management; multiple tasks

随着手机功能日趋强大, 手机应用软件已成为用户直接操作和应用的主体, 美观实用、操作便捷的用户界面会为应用软件带来巨大的市场前景。Google 公司推出的 Android 是开源的手机操作系统, 为其应用程序的开发提供了广阔的发展空间^[1]。而 Android 应用程序是由多个组件构成的, 其中组件 Activity 是 Android 应用程序生命周期的重要组成部分, 其运行与管理是整个系统的基础。本文通过对 Activity 生命周期以及栈和任务的研究, 设计了一种 Activity 窗口管理系统, 介绍了其原理、组成、算法及优势; 为 Activity 的动态加载、程序的快速退出以及 Activity 的数据获取及控制等实际开发中的重要问题提供了一种良好的解决方案。

1 Android 相关技术简介

1.1 Activity 生命周期

Android 提供的每个生命周期方法都有不同用途, 这些生命周期方法分别在活动的前台阶段、可见阶段或整个生命周期阶段被调用。生命周期每个部分中常用的方法和前后阶段涉及到的方法如图 1 所示^[3]。Activity 的生命周期是从创建到销毁的过程, 包括活动状态, 暂停状态, 停止状态, 非活动状态^[2,3], 其主要方法如下:

onCreate(): 创建 Activity 时调用, 对所有的“全局”状态做初始设置。并以 Bundle 的形式提供对以前存储的任何状态进行访问。

onRestart(): 重新启动 Activity 时调用。该 Activity

^① 基金项目:国家自然科学基金项目(60970012);上海信息技术领域重点科技攻关项目(09511501000);上海重点科技项目(09220502800);

效果。三维纹理合成依然是一个没有完全解决的问题,已有方法大多合成速度非常慢,而本文方法的合成速度虽有所提高,但效果尚待改进,因此快速、有效的三维曲面纹理合成算法依然有待研究。

② 区域约束的三维纹理合成。复杂的三维模型,例如人脸,动物等,它们表面的变化在部分区域平缓,部分区域强烈,但是已有的三维纹理合成方法对所有的区域采用的合成方法一样。对不同区域采用不同方法的区域约束三维曲面纹理合成技术需要作进一步研究。

③ 多样图的三维曲面纹理合成。目前的三维纹理合成方法是对单个样图的合成,为了得到更丰富的纹理合成效果,将纹理合成技术推广到更多的应用中,多样图的三维曲面纹理合成技术有待研究。

④ 三维曲面纹理合成技术中光照及阴影效果处理。将三维曲面纹理合成与光照模型结合,以获得新的更加自然的效果。

参 考 文 献

- 1 王元龙,张荣国,冯军华,等.三角网格曲面纹理合成技术研究.工程图学学报,2011,1:104-110.
 - 2 江巨浪,张佑生,薛峰,等.运用局部纹理映射加速曲面纹理合成.计算机辅助设计与图形学学报,2008,20(11):1507-1513.
 - 3 Wu FL, Mei CHH, Shi JY. Method of direct texture synthesis on arbitrary surfaces. Journal of Computer Science and Technology, 2004,19(5):643-649.
 - 4 TURK G. Texture synthesis on surfaces. In Proc. of SIGGRAPH'2001, Los Angeles, CA, USA, 2001:347-354.
 - 5 Magda S, Kriegman D. Fast texture synthesis on arbitrary meshes. Proc. of Eurographics Symposium on Rendering'2003. 2003:82-89.
 - 6 Zhang JD, Zhou K, Velho L, et al. Synthesis of progressively-variant textures on arbitrary surfaces. In Proc. of Siggraph'2003. San Diego, USA, 2003,22:295-302.
 - 7 Tong X. Synthesis of bidirectional texture functions on arbitrary surfaces. Proc. of Siggraph'2002. San Antonio, Texas, 2002:665-672.
 - 8 韩钰.基于纹理合成的图像编码算法.北京邮电大学,2009.
 - 9 诸葛振荣,杨敏.Image Quilting 纹理合成算法的实现与改进.机电工程,2010,27(2):43-45.
 - 10 李大锦.基于纹理合成的水墨山水画自动绘制.计算机应用,2009,29(9):2406-2410.
 - 11 李景辉,张晓峰,马燕.纹理合成在图像修复中的应用研究.计算机工程,2009,35(7):206-208.
 - 12 刘洋.基于纹理合成的图像修复与基于分析的图像分割方法的研究与应用.吉林大学,2010.
- (上接第 223 页)
- 程,2010,17(3):1671-7848.
 - 2 高翠芳,张曦煌.无线传感器网络中基于能量密度的路由算法.传感器与微系统,2007,26(12).
 - 3 唐勇,周明天,张欣.无线传感器网络路由协议研究进展.软件学报,2006,17(3):410-421.
 - 4 郭春学,肖丽.无线传感器网络路由协议分析与改进.传感技术学报,2009,22(4):1004-1699.
 - 5 Deng H. et al. Design of Sensor-Embedded Radio Frequency Identification (SE-RFID) Systems, Proc. IEEE Intl. Conf. Mechatronics and Automation. June 2006.792-96.
 - 6 Sung J, Lopez TS, Kim D. The EPC sensor network for RFID and WSN integration infrastructure. Proc. of the 5th Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communication Workshops (PerComW'07) (2007).
 - 13 邱航,陈雷霆.基于点的计算机图形学研究进展.计算机科学,2009,36(06):10-15.
 - 14 王仁芳.点模型数字几何处理若干技术研究.浙江大学,2007.
 - 15 邹万红.大规模点云模型几何造型技术研究.浙江大学,2007.
 - 16 李宝,程志全,党岗,等.三维点云法向量估计综述.计算机工程与应用,2010,46(23):1-7.
 - 17 Chun-Xia Xiao. Multi-Level Partition of Unity Algebraic Point Set Surfaces. Journal of Computer Science and Technology, 2011,26(2):229-238.
 - 18 Guennebaud G, Germann, M Gross. Dynamic sampling and rendering of algebraic point set surfaces. Computer Graphics Forum, 2008,27(2):653-662.
 - 19 Guennebaud, Gael, Gross. Algebraic point set surfaces. ACM Trans. on Graphics, 2007,26(3):231-239.
 - 20 Alexa M, Adamson A. Interpolatory point set surfaces-convexity and hermite data. ACM Trans. on Graphics, 2009,28(2):1-10.
 - 21 Jing Zeng, Taoshen Li. An Algorithm of 3D Texture Synthesis based on Point Cloud Model. Journal of Computational Information Systems, 2011,7(5):1027-1035.