

# 基于预测模型的 WSN 节点能量融合机制

周平, 张胜, 舒坚

(南昌航空大学计算机学院, 南昌 330063)

**摘要:** 分析节点能量衰减的过程, 采用节点能量衰减预测模型描述节点能量损耗的规律, 并建立基于该预测模型的节点剩余能量汇报机制, 从而减少节点能量数据的汇报次数以及节点间的数据通信量, 降低节点能耗。实验结果表明, 在应用该预测模型后, Telosb 节点的电池工作寿命延长 1%~4.5%。

**关键词:** 无线传感器网络; 能量预测模型; 数据融合

## Node Energy Aggregation Mechanism Based on Forecast Model in WSN

ZHOU Ping, ZHANG Sheng, SHU Jian

(Faculty of Computer, Nanchang Hangkong University, Nanchang 330063)

**【Abstract】** Through the analysis of the node energy attenuation, this paper uses energy attenuation forecast model to describe the law of energy consumption. The reporting mechanism based on the forecast model is set up, which can significantly reduce the reporting counts, data traffics in networks and node consumption. Experimental results show the working time of Telosb node can expend 1%~4.5% after using this forecast model.

**【Key words】** Wireless Sensor Network(WSN); energy forecast model; data aggregation

### 1 概述

无线传感器网络是由大量多种类的传感器节点构成的自组网络, 是获取物理世界信息的一种有效手段。由于传感器网络实现了物质世界与人的互联, 因此在社会中有着广泛的应用前景。

由于无线传感器节点工作环境的不确定性, 有必要对网络中节点的能量状态进行监测, 同时为了降低节点能量的汇报能耗, 需要设计一种科学的汇报融合机制。无线传感器网络中的数据融合方法主要有以下 3 个方面: (1)构造以地址或数据为中心的数据融合树, 寻找最优传输融合路径, 达到降低能耗的目的<sup>[1]</sup>; (2)数据处理的方法, 通过聚合、压缩等方法降低数据的冗余度, 减少数据传输量<sup>[2]</sup>; (3)通过数据建模的方法对数据进行处理, 减少数据传输量<sup>[3-4]</sup>。本文通过能量建模的方法减少数据的传输次数, 避免节点不必要的能耗。

### 2 建模流程与汇报融合机制

#### 2.1 预测模型及构建

节点整个生命期内的能量数据形成了一个时间序列, 所以, 可以通过时序数据分析的方法进行建模。稳定的时间序列模型包含自回归模型(AR)、移动平均模型(MA)、自回归移动平均模型(ARMA) 3 种类型。当系统在  $t$  时刻的数据与  $t-1, t-2, \dots, t-n$  等时刻的数据有相关性时, 一般用自回归模型; 当系统在  $t$  时刻的数据与  $t-1, t-2, \dots, t-m$  等时刻的数据的波动有相关性时, 一般用移动平均模型; 当上面 2 种情况同时存在时可以选取自回归移动平均模型<sup>[5]</sup>。

在构建模型时, 客户端先采集节点一定的历史能量数据, 通过对历史能量数据的自相关函数值与偏自相关函数值进行截尾性或拖尾性判定分析, 选取合适的时序模型。在本文实验中, 具体的能量数据建模步骤为:

- (1)获得节点历史 ADC 值;
- (2)对 ADC 值进行差分处理(即计算节点前一时刻与后一时刻 ADC 值的差值);
- (3)计算样本自相关函数与偏自相关函数;
- (4)利用样本统计量进行模型识别;
- (5)利用样本值对模型预测式中的参数值进行估计;
- (6)获得预测式, 建立模型。

#### 2.2 融合汇报机制

基于能量预测模型的融合需要一种相对应的汇报机制, 这样才能减少能量汇报次数, 并且最大化的降低节点能耗, 延长网络生命期。具体汇报机制的思想是:

- (1)节点向客户端传输一定量的剩余能量值;
- (2)客户端根据各节点的历史数据分别建立各自的预测模型, 并将预测式传输给对应的节点, 使客户端与对应节点上的能量预测模型保持一致;
- (3)当节点需要向上汇报自己的剩余能量的时, 客户端与该节点都能根据同一种预测模型进行预测节点当前时刻的能量值, 只有当预测值与实际值之差大于阈值时, 节点才向客户端汇报能量数据, 而当小于阈值时, 客户端可以将预测值作为该节点当前的实际值, 具体的数据流程如图 1 所示, 其中,  $F_t$  为节点和客户端在  $t$  时刻 ADC 的预测值;  $E_t$  为节点在  $t$  时刻 ADC 的实测值;  $Dif_t$  为根据预测模型获得的  $t+1$  时刻的预测差分;  $\epsilon$  为预测值与实际值之差的最大误差值; 虚线表示无线通信连接。

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(60773055)

**作者简介:** 周平(1981-), 男, 硕士研究生, 主研方向: 无线传感器网络; 张胜, 副教授、博士; 舒坚, 教授

**收稿日期:** 2009-10-10 **E-mail:** auto1573@163.com

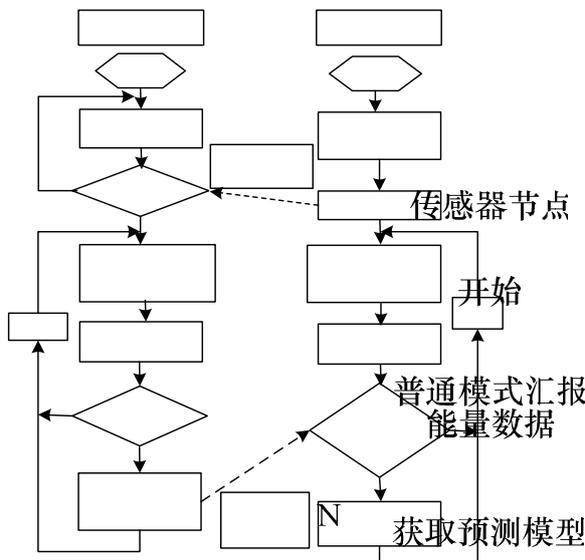


图1 融合汇报机制流程

### 3 实验及结果评估

#### 3.1 实验方案

为了说明预测模型与融合汇报机制在能量预测准确性以及节能效果,特别在同一环境条件下做了3个实验。

实验1及实验2为了验证节点能量建模的可行性,并获得模型预测成功率。实验条件为:同一地理环境,同一节点, A用同一种南孚5号电池分别进行2次建模实验。具体方案为:节点首先每3 min汇报一次感知数据,每小时汇报一次能量数据;当节点汇报一定次数的能量数据后(由于历史数据不宜过多,实验中选了17组历史数据),根据历史数据建立能量预测模型,然后融合汇报机制汇报能量数据。由于节点在获取的能量(电压值)时也有一定的误差,因此实验中的阈值设定为0.005 8 V(即图1中的 $\epsilon$ 值为8)。

实验3为了对比节点基于预测模型融合汇报机制与普通汇报机制的能耗。实验条件为:与实验1、实验2相同的地理环境,节点A、B用同一种南孚5号满电量电池。具体方案为:由于节点A的工作条件与实验1、实验2中的相同,因此本实验随机选取了实验1的预测模型作为自己的预测模型进行能量预测。A、B节点每3 min汇报一次感知数据,每小时汇报一次能量数据,其中,节点A是基于预测模型的融合汇报策略,节点B为普通的能量汇报机制;实验阈值 $\epsilon$ 为8。

#### 3.2 实验结果与评估

在实验1、实验2中,当节点A用同一种南孚电池在同一地理环境下进行实验时,其预测模型相差不大,节点A的2组实验数据如图2所示。

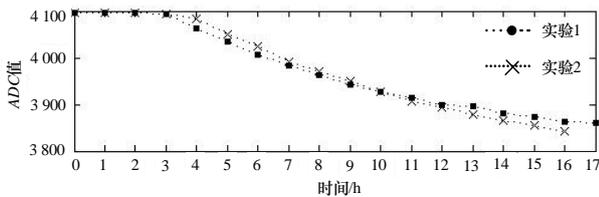


图2 节点ADC值

从图2可以看出,在前4 h,节点A的能量基本没有出现衰减,这是因为当电池电压大于3 V时,节点自带的测量电压部件只能测到3 V(3 V时,其对应的ADC值为4 095),

所以在选取样本时,选择更有代表性的5 h以后的数据。计算出2组实验数据差分值的自相关函数值(图3)和偏自相关函数值(图4)。

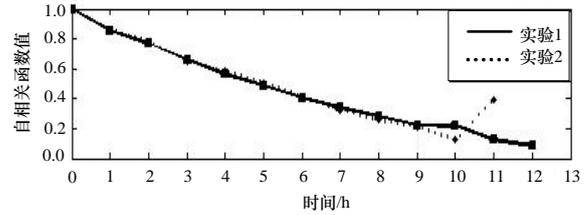


图3 ADC差分的自相关函数值

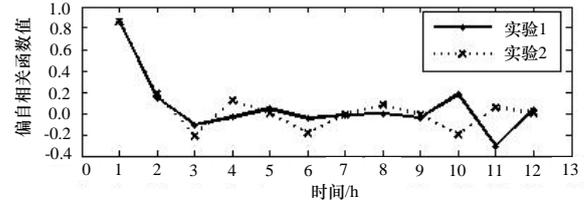


图4 ADC差分的偏自相关函数值

从图3、图4可以看出,2组实验数据的自相关函数值基本重合,且明显趋向于0,但下降幅度比较平缓,显示出一定的拖尾性;其偏自相关函数在第1 h后,其值基本在-0.2~0.2之间,这就说明其偏自相关函数具有一阶截尾性,比较符合AR(2)预测模型,利用矩估计法可以获得2组实验的预测式为

$$ADC_t = ADC_{t-1} + X_t = ADC_{t-1} + 0.731 \times X_{t-1} + 0.1462 \times X_{t-2} \quad (1)$$

$$ADC_t = ADC_{t-1} + X_t = ADC_{t-1} + 0.7054 \times X_{t-1} + 0.178 \times X_{t-2} \quad (2)$$

通过观察可以看出两式很相似,通过以上2组实验可以看出,节点可以建立一个能量预测模型。表1为2次实验的能量预测效果,由表中数据可以得出2组实验的预测成功率都在70%~85%之间。

表1 预测成功率比较

实验	工作时间/h	应发次数 $t$	预测成功率/(%)
1	94	26	72.3
2	71	13	81.7

在实验3中,A、B 2个节点都工作了92 h,而A节点汇报了15次能量数据,所以,A节点的预测成功率为83.6%,同时也验证了本预测模型的可用性,实验数据如表2所示。

表2 实验3涉及的数据

A汇报能量数据的时刻/h	A的ADC值	B的ADC值
0	4 095	4 095
7	4 071	4 020
9	4 023	3 972
19	3 903	3 850
27	3 848	3 794
33	3 806	3 751
39	3 764	3 709
46	3 721	3 665
53	3 681	3 625
59	3 643	3 587
69	3 596	3 536
71	3 588	3 529
76	3 570	3 510
84	3 536	3 475
92	3 490	3 427

从表2可以看出,虽然节点A的ADC值在前7 h降幅比节点B小,但由于不能确定A、B的初始电压是否相同,因此

(下转第130页)