

基于双核嵌入式系统及 ALN 算法的智能气象站系统^①

赖晓路, 秦 政, 包德梅, 王媛媛

(国电南京自动化股份有限公司研究院, 南京 210003)

摘 要: 现代工业控制领域和能源行业往往需要气象数据的支持, 这些数据不仅包括实时采集的气象数据, 而且包含了未来一段时间内的气象预测数据. 提出一种基于 OMAP-L138 的 ARM+DSP 芯片并使用自适应线性逻辑网络(ALN)算法来实现具有预测功能的气象站系统. 该系统可以通过三个月以上的历史数据训练出预测模型, 并使用当前采集的气象数据作为预测模型的输入即可预测得到未来一段时间内的预测数据.

关键词: 双核嵌入式系统; 自适应线性逻辑网络; 气象数据预测; 智能气象站

Intelligent Weather Station Based on Dual-Core Embedded System and ALN Algorithm

LAI Xiao-Lu, QIN Zheng, BAO De-Mei, WANG Yuan-Yuan

(R&D Institute, Guodian Nanjing Automation co., LTD, Nanjing 210003, China)

Abstract: Meteorological data is now used widely in modern industrial controlling and energy area. These data concludes not only real-time data, but also includes prediction meteorology data. In this paper, a new kind of intelligent weather station forecasting system based on OMAP-L138 ARM and DSP is presented. This system uses ALN algorithm to realize its prediction function. Through this system, prediction models can be trained by historical data of more than three months, and forecasting results can be obtained by entering real-time meteorological data into the trained models.

Key words: dual-core embedded system; ALN; meteorological data prediction; intelligent weather station

1 技术背景

传统的气象数据预报是通过求解大气流体力学和热力学方程组来计算天气数据的, 但是这种方法计算量极大, 一般需要使用多台大型计算机来完成, 不适合一般的工业控制领域的用户使用. 本文提出的智能气象站基于 OMAP-L138 双核处理器, 采用自适应线性逻辑网络 ALN 算法来预测未来的气象数据. ALN 算法属于人工智能算法的一种, 易于数学计算, 可以在嵌入式系统快速完成模型训练和预测结果.

2 智能气象站系统介绍

2.1 系统架构

本文设计的智能气象站系统如图 1 所示具有采集

和预测气象数据的功能, 所采集和预测数据可以存储在 SD 卡中, GPRS 通信模块可以对外传输本地存储的各类气象数据. 智能气象站系统从模块划分包括: 传感器模块、数据处理模块、存储模块(SD 卡)、气象数据预测模块、GPRS 通信模块和电源模块.

智能气象站系统配备了风度风向传感器、温度传感器、湿度传感器、光强传感器、气压传感器、雨量传感器等. 每一种传感器的采样周期都是 5 秒.

数据处理模块用来处理传感器采样后的实时气象数据. 数据处理模块主要统计每 5 分钟、10 分钟、15 分钟、1 小时、1 天各类气象数据的最大值、最小值、平均值.

SD 卡存储的内容包括四部分: 历史气象数据、预

^① 基金项目:中国华电集团科技项目(CHFKJ12-01-22)

收稿时间:2012-09-17;收到修改稿时间:2012-10-20

测的气象数据、气象数据预测算法模型文件、智能气象站配置信息. 历史气象数据是经过传感器实时采集、数据处理模块统计输出的结果, 包括每 5 分钟、10 分钟、15 分钟、1 小时、1 天的最大值、最小值、平均值, 这些数据保留两年以上. 预测的气象数据包括未来 4 小时、24 小时、48 小时、72 小时的气象数据. 智能气象站配置信息包括了该气象站所在地区的地理信息, 如经度、纬度、海拔、位势高度、智能气象站出厂信息等.

气象数据预测模块具有两个功能, 首先是根据历史气象数据训练预测算法模型, 另一个功能是根据实测气象数据和已训练完成的模型得到预测气象数据.

GPRS 通信模块用于无线传输采集的气象数据或预测的气象数据.

主控模块用于控制其它功能模块的运行, 如控制数据流向、监控系统运行状态.

电源模块是给整个智能气象站提供电源支持. 整个系统采用太阳能供电. 电源模块包括太阳能电板、蓄电池、DC/DC 直流互变器.

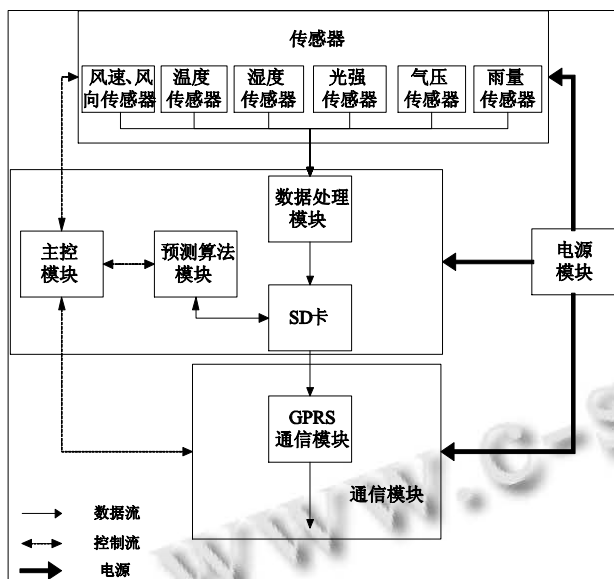


图 1 智能气象站系统框图

2.2 DSP 选型

OMAP-L138 是 TI 公司推出的一款 ARM+DSP 的双核处理器, 具备强大的复杂数据处理能力和可靠的实时性, 既能够满足智能气象站系统对传感器数据的采集和处理, 又能够高效完成 ALN 算法.

OMAP-L138 集成了主频为 456MHz 的 AEM926EJ-S 核和一个 DSP 核. ARM 核采用精简指令

处理器(RISC)为的软件子结构, DSP 核采用 TI 公司的型号为 TMS320C6748 的浮点型 DSP. 由于传统的 ARM 在处理大数据量运算时功率消耗较大, 因此采用专门的 DSP 芯片来处理数据运算. DSP 使用较少的指令就可以完成大量的运算^[1]. OMAP-L138 中 ARM 和 DSP 是通过 DSP/BIOS 桥进行通信, DSP/BIOS 桥为应用软件开发人员提供了一个访问 DSP 的应用程序接口^[2]. 如图 2 所示, 基于 OMAP-L138 的智能气象站设计框图.

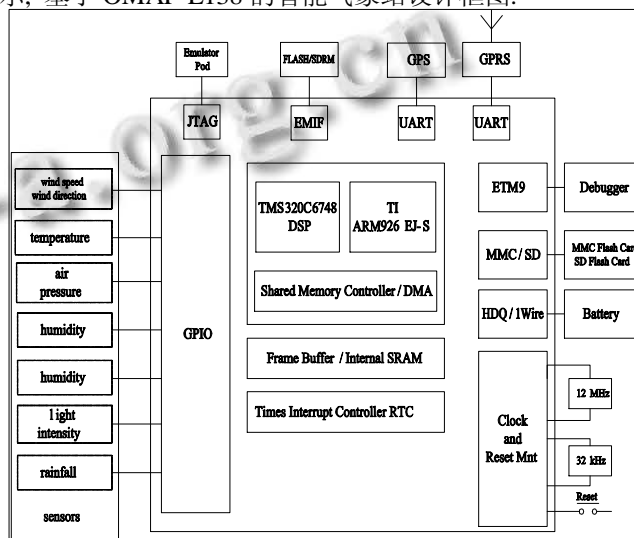


图 2 基于 OMAP-L138 的智能气象站系统

2.3 信号采样部分设计

2.3.1 气压采样电路设计

CPS120 是一款将电容式压力传感器, 通过集成的 14 位 A/D 模数转换输出气压值. 测量压力范围在 300~1200mbar, 精度是正负 1.5mbar, 分辨率是 0.1mbar, 有四种工作模式可以选择: 连续式、间歇式、激发式和休眠式, 本文设计的智能气象站系统采用连续式的工作方式. SCLK 和 SDATA 分别作为气压传感器的时钟信号和数据输出. 图 3 是气压采样电路设计.

2.3.2 温度、湿度、光强采样电路设计

如图 4 所示本文设计的智能气象站系统的温度、湿度传感器采用采用 SHT11 数字式温度湿度传感器. SHT11 将温度、湿度传感信号放大调理、A/D 转换后输出. 其中湿度值输出分辨率为 14 位, 温度值输出分辨率为 12 位. 具有可靠的 CRC 校验功能. SHT11 传感器校准系数预存在内存中, 经校准的相对湿度和温度传感器与 14 位 A/D 转换器连接, 转换成数字信号后输出.

光照强度传感器选用 TSL2550D, 这款传感器芯

片具有两路光信号输入通道，其中一个通道用于测量可见光的光强，另一个通道用于测量红外光源的光强。

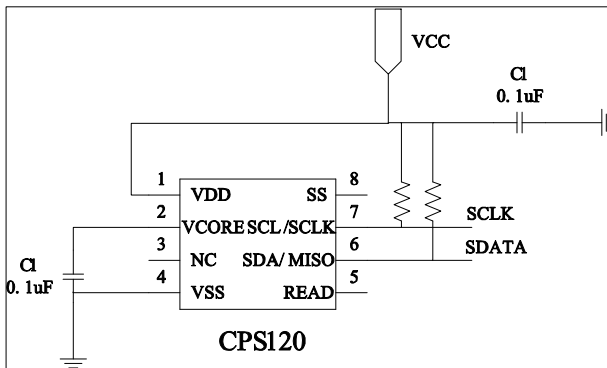


图 3 气压采样电路

采集出来的风速风向数据可以直接通过串口输出。

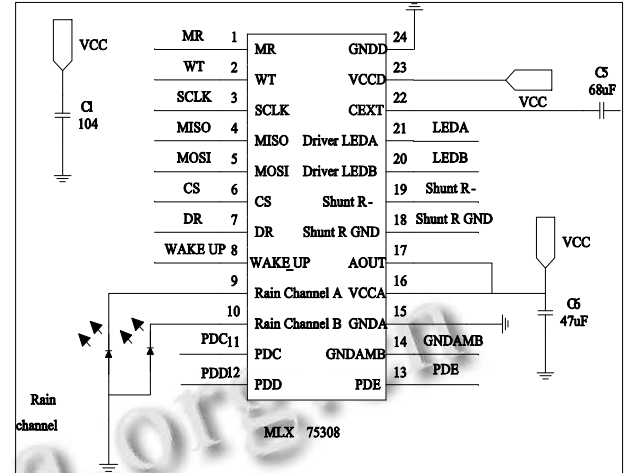


图 5 降雨量采样电路

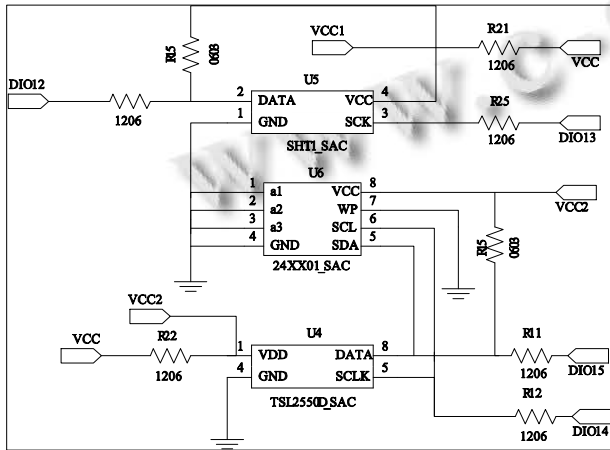


图 4 温度、湿度、光强采样电路

2.3.3 降雨量采样电路设计

MLX75308 是一款传感器接口芯片，有两个独立的线性雨量传感器通道用来做雨量测量。芯片对光敏电流做模数转换，然后把雨量数据传输到 DSP 中。

雨量传感模块是通过红外 LED 发出一束高能量的光脉冲到智能气象站的观测玻璃板上，在正常情况下红外光束全反射的。当观测玻璃板上有雨滴时，反射的光脉冲会有一定的损耗，光敏二极管接受到的反射光的强度随之降低，因此通过光强的变化计算雨量的大小。观测玻璃板是特殊材料制成，可以阻隔阳光对光敏电阻的影响，保证雨量传感器的正常运行。图 5 是降雨量传感器采样电路。

2.3.4 降雨量采样电路设计

风速风向直接使用上海气象仪器厂的 EY1-B 型风向风速仪，其中风向测量范围是 0~360°，分辨率是 3°。风速测量范围是 0~60m/s，分辨率为 0.1m/s。

2.4 通信模块设计

智能气象站除了需要完成天气数据的采集，还需要将采集的数据可靠传输到监控室的服务器中。考虑到如风电场、光伏发电场距离监控室较远而且布设通信电缆或光纤成本较高，因此采用 GPRS 无线传输方式。

本文设计的智能气象站 GPRS 模块使用 MC52i 来处理 GPRS 数据，MC52i 支持频段：900/1800MHZ，支持 GSM 标准 AT 命令，内嵌 TCP/IP 协议。GPRS 通信模块如图 6 所示，具有 SIM 卡接口，内置天线，与 DSP 通过串口 0 连接。

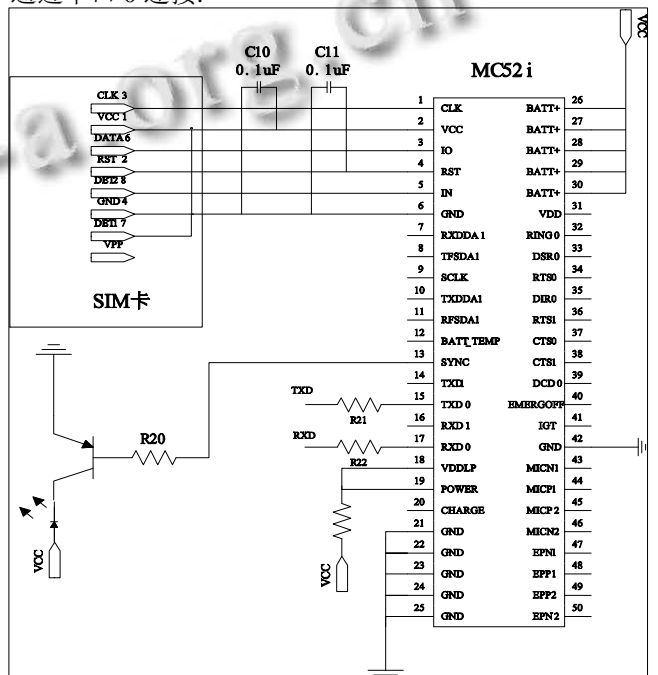


图 6 GPRS 通信模块

3 气象站预测算法设计及实验结果分析

3.1 ALN 算法介绍

自适应线性逻辑网络(ALN)是一种高效的分析建模工具. 它基于神经网络^[3,4]和经典统计学的建模特点. ALN 具有以下优势:

第一, ALN 训练过程易于数学分析. ALN 是由一些线性函数成的, 这些线性函数是连续可导. ALN 训练完成后, 网络包含了成许多线性函数单元, 但是数据空间可以被分割处理, 便于分析.

第二, ALN 预测精度可调节. 训练从线性拟合开始, 当精度小于设定值时, 网络分裂成两个平滑连接的线性单元. 线性网络的分裂将持续进行, 直到需要的精度满足为止. 通过精度的调节, 可以有效屏蔽噪声对建模的影响.

第三, ALN 训练速度快, 并支持在线重复训练. 一旦训练完成后, 自适应线性逻辑网络执行速度很快, 可以在毫秒级之内, 通过输入的实时气象数据获得预测结果.

第四, 基于自适应线性逻辑网络算法对运算处理器的要求很低, 在普通 PC 机或者嵌入式系统中便可以完成所有运算过程^[5].

3.1.1 基于 ALN 的建模方法

图 7 描述了一个三层的 ALN 结构(只统计含有 LTU 和逻辑算符的层). 可以对该 ALN 结构进行简写 OR(AND(2), AND(2)). ALN 最大的特点就是带有阈值评判的线性关系式(LTU, Linear Threshold Unit)作为网络的节点. 若令阈值为 0, 则每个类似的节点都要对 $L_j \geq U$ 是否成立进行评判. 而这些线性关系式节点的父亲节点是 ALN 中的逻辑运算符“AND”和“OR”^[5].

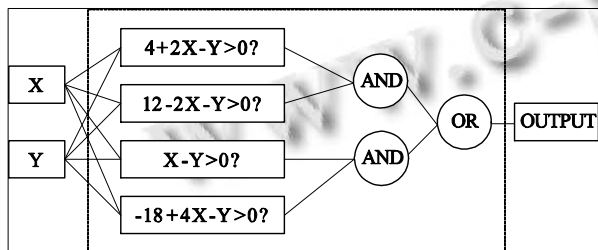


图 7 自适应线性逻辑网络训练原理

由于一个连续函数可以由一组直线段以任意精度逼近, 因此 ALN 可以根据精度要求构造线性函数以及线性单元间逻辑关系, 来拟合任意的连续函数. 图 8 中阴影部分对应所有样本点(X,Y)落在该区域时, 网络输出为“真”(1).

当且仅当所有样本点落在两条直线 L1 和 L2 以下时, 图 8 中上方的 AND 输出为“真”. L1 和 L2 搭出了“尖顶帐篷”的形状, 其连接模式 AND 也等效于取两直线的最小值(MIN). 同理, 第二个 AND 给出了半个“平顶帐篷”形状. 当且仅当样本点落在阴影区域内时, OR 的输出为“真”, 等效于对两个“帐篷”取最大值(MAX). ALN 拟合的最终模型即“0”空间和“1”空间的交接的折线段.

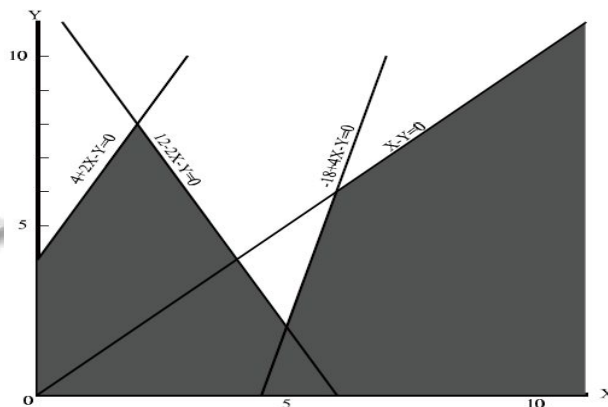


图 8 自适应线性逻辑网络训练原理

3.1.2 基于 ALN 的预测方法

ALN 算法预测过程称为参数估计, 加权系数通过有规划的试验、定期观测或通过模式提取, ALN 算法使用最小二乘法来进行 LTU 权系数的估计.

ALN 初始化中 LTU 初始值是通过实验室数据计算出的权系数的估计. 也可以根据先验知识及约束条件设置成其它值.

按照样本的顺序, 训练样本(X_i, Y_i)作为 ALN 的输入, 逻辑运算值沿着树状网络传递, 输出最终值.

3.2 预测软件设计

气象数据预测功能主要完成训练模型和预测数据两个功能. 如图 9 所示, 这两个功能分别通过两个线程实现, 训练模型的线程由控制模块触发, 预测线程每 15 分钟定时启动.

在预测数据之前需要有一个已经训练好的预测算法模型, 具体来说就是存储在 SD 卡上的一个 dtr 文件. 一般来说一个模型可以长时间的为预测数据服务, 预测过程中不需要再生成预测算法模型. 当发现预测数据与实际数据的均方根误差较大的时候, 可以设置在线重训练, 提高预测算法模型的预测精度.

训练模型是通过读取历史气象数据和配置文件来生成模型的, 历史气象数据必须是至少三个月的历史气象

数据, 配置文件包含了当地的地理信息数据. 模型训练完成生成 dtr 文件存储在 SD 卡中. 预测数据时, 需要读取 dtr 文件和实时数据, 即可快速预测出预测气象数据.

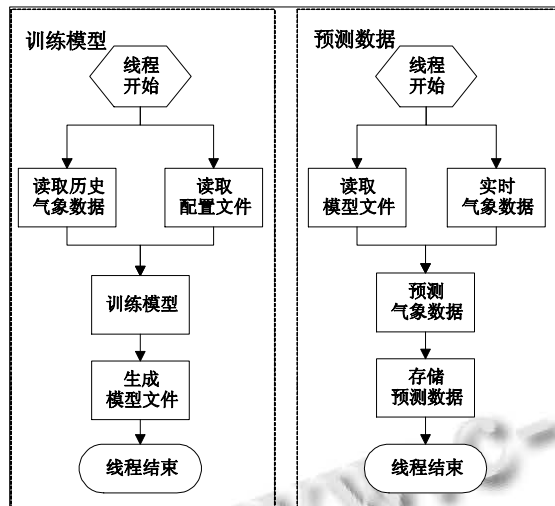


图 9 训练模型和预测数据流程图

3.3 应用试验结果

图 10 是通过三个月的实测风速风向数据作为样本生成预测模型, 通过该预测模型得出的 24 小时预测结果. 采样地区经度: 49.5, 纬度: -113.5. 采样时间 2011 年 5 月 20 日至 2011 年 8 月 20 日, 采样分辨率: 15 分钟, 预测结果: 2011 年 8 月 24 日 0 点至 2011 年 8 月 25 日 0 点的风速数据, 每 15 分钟预测未来 24 小时数据.

从图 10 中可以看出, 预测结果的趋势与实际风速趋势一致, 在风速变化平缓的区域, 预测结果与实际结果误差较小.

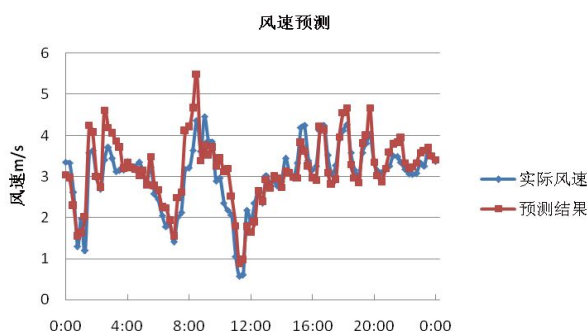


图 10 单日风速预测曲线图

在国家能源局文件《国家能源局关于印发风电场功率预测预报管理暂行办法的通知 国能新能[2011]

177 号》中指出: 风电场功率预测系统提供的日预测曲线最大误差不超过 25%, 实时预测误差不超过 15%. 如果日预测数据按照实际预测误差不超过 15% 认为是合格的, 以此标准来考核智能气象站的气象数据预报结果, 统计结果如表 1 所示.

分别采用三个月、半年、一年、两年的历史气象数据做为模型训练的样本数量. 预测半年之内的各类气象数据, 日预测数据按照实际预测误差不超过 15% 认为是合格的, 否则认为是不合格的.

表 1 预测合格率统计

训练模型样本数量	风速	温度	湿度	气压	降雨量
三个月	86.23%	85.96%	85.71%	85.65%	85.09%
半年	87.20%	87.05%	86.31%	87.13%	86.64%
一年	90.69%	89.21%	89.79%	89.58%	88.92%
两年	93.77%	93.61%	93.19%	92.28%	90.91%

从表 1 中可以看出训练模型样本数量越多, 预测精度越高. 然而如果训练模型的样本数量过多, 训练模型的计算量也会增大, 训练模型的时间也会增加.

4 结语

以上给出了一种基于双核嵌入式系统和 ALN 算法的智能气象站, 本气象站具有采集实时气象数据、预测气象数据的和 GPRS 无线传输的功能. ALN 算法预测气象数据可以在毫秒级完成, 适合工业及能源行业的使用.

在后续的工作中, 需要进一步完善极端天气中气象数据的预测; 另外在缺少历史数据的情况下如何提高预测准确率也需要进一步研究.

参考文献

- 1 OMAP-L138 C6-Integra DSP+ARM Processor, www.ti.com, 2011, 10:1-3.
- 2 彭启琮, 杨鍊, 潘晔. 开放式多媒体应用平台——OMAP 处理器的原理及应用. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- 3 刘瑞叶, 黄磊. 基于动态神经网络的风电场输出功率预测. 电力系统自动化, 2012, 11:20-22.
- 4 Kariniotakis G, Stavrakakis G, Nogaret E. Wind power forecasting using advanced neural network models. IEEE Trans. Energy Conversion, 1996, 11(4):762-767.
- 5 秦政, 包德梅, 颜儒彬. 基于自适应线性逻辑网络的风电功率预测. 2011 年中国电机工程学会年会. 贵州: 中国电机工程学会, 2011.