

基于 ARMA 预测的无线监控系统可靠传输机制^①

杨怀德, 曹文梁

(东莞职业技术学院 计算机工程系, 东莞 523808)

摘要: 无线监控网络易受衰减、多径、盲区等不利因素影响,经常出现局部节点负载过大而导致拥塞现象的发生,导致数据可靠传输得不到保障.从拥塞控制角度,提出了一种基于拥塞预知的改进的拥塞控制算法.该算法基于主动避免拥塞的设计思想,在选取路由时考虑链路质量指标 LQI,并依据 ARMA 预报算法获得未来时刻的网络流量预报值,由此判断节点的拥塞程度以便预先采取措施,最终实现拥塞自适应控制.实验结果表明,该算法能提升无线监控系统数据传输的可靠性,并能显著提高吞吐量.

关键词: 无线监控系统; 可靠性传输; ARMA; 预测; LQI

Reliable Transmission Mechanism of Wireless Monitoring System Based on ARMA Prediction

YANG Huai-De, CAO Wen-Liang

(Department of Computer Engineering, Dongguan Polytechnic, Dongguan 523808, China)

Abstract: Congestion phenomenon occurs frequently in wireless monitoring network as excessive load of some local node, which is caused by some negative factors such as attenuation, multipath, blind and so on, and then lead to reliable data transmission can not be guaranteed. From the view of congestion control, a predictable based congestion control algorithms based on the design idea of initiative to avoid the congestion is proposed to realize adaptive congestion control which considers link quality indicator LQI when selecting a new route, and obtains the network traffic forecast future values according time series ARMA prediction algorithm, thus determine the congestion degree of a node to take measures in advance. The experimental results show that, the algorithm can improve the reliability of the wireless monitoring system of data transmission, and can improve the throughput.

Key words: wireless monitoring system; reliable transmission; ARMA; prediction; LQI

无线监控系统通常用于医疗、环境监测、工业等领域的监测,通过对监测到的数据进行分析和处理,最后做出相应的决策,因此数据能否可靠传输显得非常重要和关键.在无线网络中,由于单跳的传输距离和准确性等方面都受到限制,其不能满足远距离传输的要求,因此,远距离传输往往通过多跳来协助实现,但是,由于存在各种干扰因素,路径中某一跳或者某几跳链路质量往往会受干扰影响变差,数据传输采用多跳路径就会变得不可靠,出现不可预知的丢包现象.

目前,国内外越来越多的研究者对数据可靠传输进行了广泛研究,并取得了一定的研究成果.传统提

高数据可靠传输的方法往往采用增加冗余或者重发等策略,文献[1]对冗余和重发两种传输策略进行了对比和分析.分析结果表明,在链路质量较好的情况,两种数据传输策略还能获得较好的效果,如果在高丢包率情况下,链路质量会变得很差,这两种传输策略就不能取得满意的结果.为了提高数据可靠传输,文献[2]提出了一种通过控制传输速率避免信道拥塞的策略,从而解决大量数据向一个或多个汇聚节点传输拥塞的问题.在时间相关性的基础上,文献[3]建立了一种数据预测模型,并利用模型进行实时误差校正,节点和无线频道出现的瞬时故障可以得到及时修复,是一种

^① 基金项目:东莞职业技术学院科研处项目(ZXHQ2014d015)

收稿时间:2015-03-13;收到修改稿时间:2015-05-07

事后修正的处理方法. 文献[4]提出了一种在网络中添加网关节点, 并且网关节点之间的一部分无线传输用有线传输来代替的数据传输策略, 该策略通过网关节点对可靠传输路径进行有效判断, 从而达到端到端的数据可靠传输.

本文将从主动避免拥塞的角度来研究改进无线监控网络数据传输的可靠性, 在文献[3]的基础之上从 2 个方面进行改进, 一是改进处理方法由事后变成事前预防, 尽量避免拥塞的发生; 二是在预测到拥塞即将发生时的处理机制上, 在选取新的路由时将计算整个路径的 LQI(链路质量指示)均值, 值较大的优先考虑. LQI 更能体现网络信道的状态, 从而能更准确判断节点的拥塞程度以便预先采取相应措施, 确保数据的可靠传输.

1 无线监控系统

现代无线监控系统是物联网、无线传输、数据处理和自动控制等技术的结合, 它可以将不同地点的现场信息实时通过无线通讯手段传送到无线监控中心, 经监控中心进行数据分析处理后进行相应的处理措施, 其一般网络结构如图 1 所示.

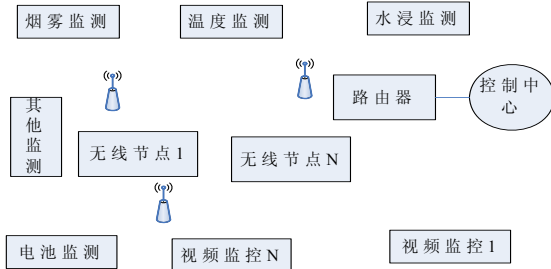


图 1 无线监控系统网络结构图

其基本功能如下:

1)远程监控: 通过网络, 对异地图像和声音进行监控, 对云台和镜头进行操作, 延伸管理者的视觉和听觉. 图像以流媒体方式发送, 当用户终端没有请求视频时, 图像不占用网络资源, 从而使网络带宽的利用率更高.

2)远程配置: 通过网络对亮度、传输帧率、图像分辨率、采样频率等参数进行配置. 还可以对预置位、IP 地址进行调整.

3)叠加字符: 可以在监视画面中叠加摄像机的名称以区分不同监控现场中的不同摄像机, 这样当监控现场较多、摄像机数目较多时仍可以清晰管理.

4)报警联动: 支持外接总线和直接报警设备, 如红外探头、紧急按钮等. 支持外接直接报警输出设备, 如警灯、警号等. 支持报警参数设置, 如定时开关时间、报警方式.

5)轮循播放: 将图像分几组, 按照设定的间隔时间, 在操作终端或者电视墙上巡回播放, 这个功能可以给管理人员提供决策的依据.

6)图像存储: 可根据实际需要选择连续录像, 定时录像; 录像存储的参数也支持动态配置: 保存天数支持每路各选, 硬盘大小和数量支持用户自主配置; 存储位置支持本地存储和网络存储, 用户可采用在视频服务器中进行录像存储, 也可通过交换机连接存储阵列和服务器主机采用网络存储方式.

7)各环境参数获取及报警: 利用 RFID,物联网等技术实时获取各环境参数, 若发现某项参数异常, 则进行报警, 并发送信息或者邮件给相关负责人. 以温度监测为例, 监控中心利用监控网络周期性的从温度监测节点采集数据, 采集数据若能在规定时间内能成功的经由监控网络传输给监测中心, 监控中心则将接收到的温度数据进行分析, 若温度值不超过正常温度范围则等待下一个采集周期再次进行采集, 否则需要进行温度异常告警.

2 ARMA预测模型

ARMA 方法是一种精度较高的短期时间序列预测方法, ARMA 模型能够有效地分析出平稳性数据序列的相关性, 并且计算过程比较简单, 很适用于节点能量受限的无线网络^[5-6]. 在建立 ARMA 模型时, 本文利用差分方法对分解重构的低频分量做适当调整, 使其满足平稳性的要求^[7].

将节点的网络流量看作一组随机序列 $Y_0, Y_1, Y_2, \dots, Y_N$, 首先, 计算序列的自相关函数和偏相关函数, 如果是呈现出明显的拖尾现象, 则可判定该序列是 ARMA 序列; 然后选取合适的定阶方法, 最后计算出节点未来时刻的流量预测值.

$$ARMA(k, j) = Y_t - \rho_1 Y_{t-1} - \dots - \rho_k Y_{t-k} = \beta_t - \lambda_1 \beta_{t-1} - \dots - \lambda_j \beta_{t-j} \quad (1)$$

其中, k 是自回归阶数, j 是自回归滑动阶数, ρ, λ 分别是自回归系数和滑动平均系数. 式(1)模型中有 $k+j+1$ 个未知参数 $\rho_1, \rho_2, \rho_k, \lambda_1, \lambda_2, \lambda$, 这些参数的值可以通过观测数据进行估计, 如果阶数 k 的取值太大, 所需的计算量会很大; 如果 k 值太小, 预测结果的精度会偏低.

本文采用文献[8]中的 AIC 定阶法.

AIC 准则函数为:

$$AIC = 2m - 2F(\eta) \quad (2)$$

其中, m 为参数个数, η 为参数的最大似然估计值, $F()$ 为似然函数. 本文采用比较常用的 ARMA(2,1)进行流量预测, 其模型为:

$$Y_t - \rho_1 Y_{t-1} - \rho_2 Y_{t-2} = \beta_t - \lambda_1 \beta_{t-1} \quad (3)$$

从式(3)可以看出, Y_t 不仅同其前两项值 Y_{t-1} 、 Y_{t-2} 线性相关, 而且还和 β_{t-1} 线性相关, 其中, β_t 是白噪声.

3 链路质量指示LQI

早期的链路评估方法是用统计的手段计算出包接收率(packet reception rate), 包接收率能够直观地反映当前链路状况. 然而通过大量样本来计算包接收率, 也存在一定的不足: 1)要获得尽可能精确的链路评估, 就需要相对较大的统计基数, 这就会浪费大量带宽, 消耗大量能量, 这些在资源受限的无线监控网络中是不合适的; 2)由于统计样本是一种历史事件, 它的实时性不够. 随着芯片技术的不断进步, 接收信号强度显示(received signal strength indicator, RSSI)和链路质量显示(link quality indicator, LQI)这两个新的参数指标可以被越来越多的无线节点所支持. 这两个参数都能够反映出链路的通信质量, 并依靠硬件检测完成对链路质量的评估, 其优点是开销少, 对链路质量改变反应迅速^[9].

IEEE 802.15.4 标准定义了链路质量 LQI 的概念, 是表示接收数据帧的能量与质量, 其大小基于信号强度以及检测到的信噪比(SNR), 其值一般与正确接收到数据帧的概率有关, 障碍物、天线方向、功率大小以及通信距离等都对其产生影响. 根据上述分析可知, 在不同时刻 LQI 值是不恒定的, 有一定的波动, 当不同因素影响链路时, 值下降并且波动性很大, 因此通过单个值衡量链路质量是不可靠的, 采用取其平均值. 均值可以很好的衡量各种不同影响因素下的单跳链路质量, 当均值减小时, 其对应的 CV 值都会不同程度的增加, 并且其与包接收率的拟合度也非常高, 在各种不同影响因素下, 其都能够很好对单跳链路质量进行衡量^[10].

4 基于ARMA预测的可靠传输策略

无线监控网络会因环境等因素的影响在传输性能上会有很大的波动性和不稳定性, 网络中的数据传输量可以看成是一个随机序列. 因此, 一方面可以利用非线性的预测机制对网络中的节点的网络流量数据进行学习, 进而能较准确的预测下一周期时刻点对应的

数据流量, 极大的降低拥塞发生的可能性^[11]; 另一方面在选取新路由时考虑链路的 LQI 值, 选取链路质量好的新传输路径, 确保数据的传输尽量在吞吐率高传输速率快的链路上进行, 从而能进一步降低拥塞发生的可能, 提升网络传输的可靠性. 算法原理如下所述:

(1)以时间间隔 ΔT 为周期把无线监控网络的整个工作过程分为等间隔的周期, 保存过去 100 个周期的流量, 采用 ARMA(2,1)预测算法来对未来的一个周期的网络流量进行预测, 每个节点建立路由请求时会依据预测的流量来进行路径的选择.

(2)每个节点周期性发送 HELLO 消息对邻居节点进行确认, 消息中包括自己未来的流量预测值及链路平均 LQI 值, 节点收到 HELLO 消息后会及时更新路由表.

(3)当节点处于路由发现阶段时, 首先以邻居节点中跳数最小的节点作为选择依据选出跳数最小的邻居节点, 在跳数值接近的情况下, 考虑链路的 LQI 均值大小, LQI 均值较大的节点作为下一跳节点.

(4)每个节点维护两份路由表, 一份为主路由表, 一份为辅助路由表. 当节点预测到即将发生拥塞时(如节点 2), 通过 HELLO 消息告知其邻居节点, 邻居节点(节点 1)根据收到的拥塞信息, 遍历主路由表, 为所有下一跳为拥塞节点的路由寻找新的主路由和辅助路由, 并更新两个路由表. 如节点到节点 3 的路由, 重新更新路由后主路由(1-2-3)更新为 1-4-5-3. 后续的数据传输按照 5:5 分流, 一部分经过主路由传输, 另一部分经辅助路由传输, 减轻拥塞对于网络传输的影响.

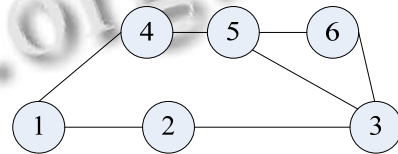


图 2 网络拓扑结构图

5 实验分析

在 300×300 米的区域内随机部署 1000 个节点, 节点保持静止不动, 测试数据包的静负荷大小为 0-300 字节, MAC 曾采用 IEEE802.11, 训练样本大小为 200, ΔT 为 10 秒, 其他参数使用默认值.

流量预测实验的结果如图 3 所示, 由图 3 可知, 在实际流量波动较大的情况下, 预测的流量值的误差相对较大, 而稳定后实际的流量波动不会太大, 因此对于这种误差在网络运行稳定之后基本上可以忽略. 综上所述, 网络运行稳定后, 系统通过预测算法能较准确的判断出在未来时刻某个节点的拥塞情况, 从而

能提早通过寻找新的路由, 分配流量, 避免拥塞的发生, 从而能保证无线监控网络数据的可靠性传输.

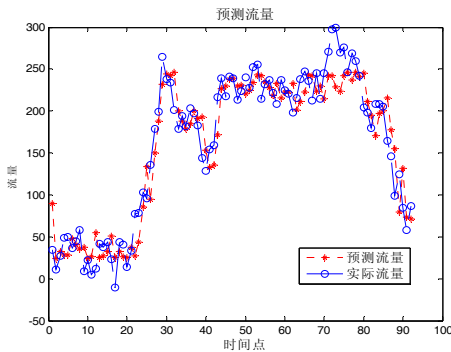


图 3 网络流量预测结果图

网络性能测试如图 4 所示, 图中的拥塞率, 丢包率和吞吐量都是平均值. 由图 4 可以看出采用本文改进的机制之后, 拥塞率降低了约 5 个百分点, 丢包率约降低了 6 个百分点, 网络吞吐量则提升了约 8 个百分点. 以上 3 个方面的性能测试结果表明通过引入拥塞预测机制之后无线监控网络的传输性能都得到了明显的改善, 从而提升了无线监控网络数据传输的可靠性.

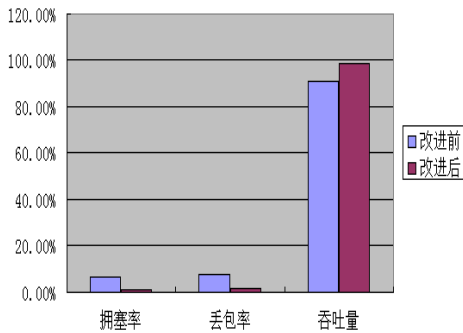


图 4 网络性能测试结果图

传输可靠性测试如图 5 所示, 由图 5 可以看出采用本文改进的机制之后, 传输的可靠性得到了明显的提升, 特别是在节点数量比较多的时候, 改进的效果更明显.

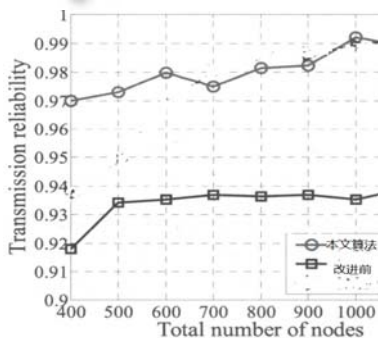


图 5 网络传输可靠性测试图

6 结语

本文通过在无线监控系统中引入预测机制对节点的网络流量进行预测, 能有效的预防拥塞的发生, 及时更新路径中各节点的链路状态信息, 并且建立备份路由, 系统能实时的根据实际网络情况进行动态调节, 从而能显著的提升网络性能, 使得无线监控网络的数据传输得到可靠的保障.

参考文献

- Huang X. Computer Science and Technology D, University T, et al. Retransmission or Redundancy: Transmission Reliability in Wireless Sensor Networks. IEEE International Conference on Mobile Adhoc and Sensor Systems, Mass. IEEE. 2007. 1-7.
- Paek, J. Rcr: rate-controlled reliable transport for wireless sensor networks. Proc. of the 5th International Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys '07). 2007.
- Mukhopadhyay S, Schurgers C, Panigrahi D, Dey S. Model-based techniques for data reliability in wireless sensor networks. IEEE Trans. on Mobile Computing, 2009, 8: 528-543.
- Tufail A, Khayam SA, Raza MT, Ali A, Kim KH. An enhanced backbone-assisted reliable framework for wireless sensor networks. Sensors (14248220), 2010, 3: 1619-1651.
- 王雪松,赵跃龙.基于 ARMA-RESN 的网络流量预测.计算机工程与应用,2014,(13):90-95.
- 陈国彬.基于 ARMA 和卡尔曼相结合的实际流量预测模型的研究.控制工程,2014,21(6).
- 孙汝儒,肖迪.基于改进 PSO 算法对 ARMA 模型定阶新方法.计算机应用与软件,2013,(12):140-143.
- 段文轩,蒋文贤.无线传感器网络中一种 ARMA 流量预测的拥塞控制算法.小型微型计算机系统,2012,33(5).
- 张希元,赵海,朱剑,徐久强.基于 lqi 的链路评估算法及其在 wsn 中的应用.东北大学学报(自然科学版),2008,29(12): 1693-1696.
- 宋永献. 无线传感器网络数据可靠传输关键技术研究[硕士学位论文].苏州:江苏大学,2014.
- 杨俊刚,史浩山,段爱媛,张龙妹.基于流量预报的无线传感器网络自适应拥塞控制路由协议.应用科学学报,2011,29, 2:124-128.