

高压输电线视频智能处理防外力破坏方法

杨帆, 余艺翀, 叶富彬

(国网成都供电公司, 四川成都 610051)

摘要: 提出了一种高压输电线视频智能处理防外力破坏方法, 这种方法将高清视频摄像机和视频智能处理设备都安装在高压输电线路的铁塔上, 结合激光和振动传感器, 实现了对高压输电线路外力破坏事件的实时检测与智能处理, 有效减少外力破坏事件对输电线路安全的影响。

关键词: 高压输电线路; 高清视频; 智能处理; 外力破坏; 线路安全

Abstract: In order to preventing damage from outside force for high-voltage (HV) transmission line, a novel method using intelligent video processing is proposed, that is, to install high definition (HD) video camera and intelligent video processing device on the towers of HV transmission line, and use laser and vibration sensors as a system so as to achieve the real-time detection and intelligent processing for the damage from outside force, which effectively reduces the negative influence on the safety of transmission line caused by the damage from outside force.

Key words: high-voltage transmission line; high definition video; intelligent processing; damage from outside force; line safety

中图分类号: TM726.1 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2015)01-0022-03

0 引言

高压输电线路是电力系统的重要组成部分, 随着电网规模的不断扩大, 并且由于电力线路所处地理位置和环境条件的特殊性, 除了要遭受恶劣气候的侵袭外, 人为外力破坏引起的线路跳闸及线路被迫停电事故的概率也呈上升趋势。当前输电网络正在加速发展, 怎样有效地保障输电线路的安全生产, 减少外力破坏事件的发生, 提高输电系统的智能化水平, 成为输电线路设计、运检部门共同关心并急需解决的问题^[1]。

目前行业内广泛使用的方法是使用摄像机采集现场的视频, 然后由视频服务器将视频信息通过无线或光纤方式传回后台主站进行视频处理和外力破坏识别^[2]。这种方法的优点是后台有着充足的运算能力, 可以高效地完成视频处理和识别。但是, 这种方法也有着很多显著的缺点, 如传输数据量过大、通信费用高、受通信条件影响较大。

嵌入式技术的发展为解决上述难题提供了条件。通过应用嵌入式技术, 可以在塔上完成视频处理和外力破坏识别等复杂的计算, 并保证对外力破

坏行为具有较高的判别精度^[3]。

采用对高压输电线路进行实时视频监控, 并在前端完成对视频图像的实时智能分析, 检测出在输电线路附近的大型施工机械或异常树木生长等事件, 并自动控制前端设备完成自动录像或图片抓拍, 将录像结果或图片资料上传服务器, 根据外力破坏事件的等级, 自动完成外力破坏现场的声光报警, 实时将相关报警信息发送到运检人员的手机终端等上, 及时制止外力破坏事件发生, 可以提高输电线路的生产安全, 减少由外力造成的各种经济损失和人员伤亡。

1 智能防外力破坏系统的结构

智能防外力破坏在线监测系统由塔上前端设备和后台服务主站组成。塔上前端设备主要由智能视频处理平台、视频图像采集设备(球机、枪机)、探测传感器(激光、振动、声音)、通信装置、电源装置及告警装置等组成, 如图1所示。

塔上前端设备实时采集的视频信息, 当有外力破坏发生时, 前端设备会在现场发出声光报警信息, 并通过GPRS/3G/4G/光纤等通信方式将报警信息

和报警视频传回后台主站,后台主站设有存储服务,可以存储前端设备发回的视频信息,以方便运维人员随时查看。

视频采集设备使用球机和枪机。球机可以完成对杆塔基座和周围的监测,枪机安装在杆塔顶部,对输电通道、绝缘子串等进行定点监测。球机和枪机配合,同时实现对杆塔周围和输电线路通道的实时监测。

系统主要有两类通信方式:光纤通信和无线通信。在运营商网络受限制的地区,系统可以采用 WiFi + OPGW 通信组网方式完成通信,这种组网通信方式可以解决偏远地区大数据量传输的难题。

塔上前端设备电源系统主要有以下 3 种形式。

- (1) 太阳能 + 蓄电池;
- (2) 太阳能 + 风能 + 蓄电池;
- (3) 地线取电 + 太阳能 + 蓄电池。

蓄电池需要采用高性能宽温电池,以保证在 -40 ℃ 到 +85 ℃ 的环境温度下电池能正常工作。在风能资源丰富的地方,可以选择风光互补的供电方式完成对前端设备的供电。随着技术的进步,地线取电将成为前端设备供电的另一可选方案,并可以有效解决太阳能供电不稳定的问题。

系统还配备移动终端管理软件,可以实现在手机等智能移动终端设备上接收报警信息和报警视频,方便运维人员随时随地接收报警信息和查看实时视频。

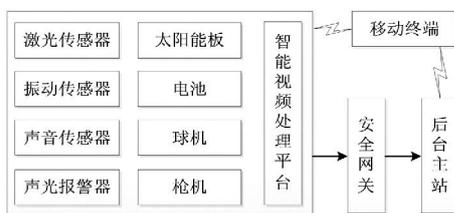


图 1 智能防外力破坏系统结构图

2 视频智能防外力破坏的实现方法

2.1 视频智能防外力破坏系统工作流程

塔上前端设备触发报警有两种方式,其一是通过安装在塔上的激光传感器、振动传感器、声音传感器触发,由于这些传感器功耗小,可以 24 h 开启;其二通过分析前端摄像机的实时视频来触发报警。这两种方法可以同时开启,如在电源不足时,可以暂时

关闭摄像机或控制摄像机处于休眠待机状态,在有激光传感器、振动传感器、声音传感器触发报警时再开启摄像机,这样处理可以有效节约用电,保证监测设备 24 h 不间断连续工作。

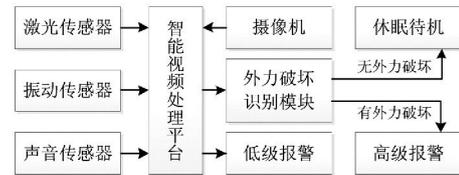


图 2 智能视频防外力破坏实现流程

系统报警分为低级别报警和高级别报警。低级别报警由激光、振动、声音传感器触发;高级别报警是在低级别报警的基础上,再经视频分析确认有外力破坏行为发生时,即产生高级别报警,实现流程如图 2 所示。

2.2 防外力破坏智能处理算法

智能视频防外力破坏涉及人、车辆、各种大型工程机械以及山火、烟雾等目标的检测、跟踪与识别。对采集到的视频图像进行滤波去除噪声和直方图增强预处理。目标检测采用帧间差分法和背景差分法相结合的方法^[4]。首先对视频序列进行帧间差分运算。设 $f_{t-1}(x, y)$ 、 $f_t(x, y)$ 、 $f_{t+1}(x, y)$ 分别为 $t-1$ 、 t 、 $t+1$ 时刻的视频图像,则差分图像为

$$\begin{cases} FD_t(x, y) = |f_t(x, y) - f_{t-1}(x, y)| \\ FD_{t+1}(x, y) = |f_{t+1}(x, y) - f_t(x, y)| \\ fd_t(x, y) = |FD_t(x, y) \cup FD_{t+1}(x, y)| \end{cases} \quad (1)$$

式中 FD_t 和 FD_{t+1} 为相邻帧间差分; fd_t 为 t 时刻的帧间差分图像。设定阈值二值化帧间差分图像可得到二值的 fd_t 。然后对视频序列进行背景差分运算。此法关键是建立背景模型,系统采用混合高斯背景模型^[5]。构造好背景图像后,将当前帧图像与背景图像作差分运算。

$$bd_t(x, y) = |f_t(x, y) - B_t(x, y)| \quad (2)$$

式中 bd_t 为背景差分图像; f_t 为 t 时刻的视频图像; B_t 为 t 时刻的背景图像。设定阈值二值化背景差分图像可得到二值的 bd_t 。 fd_t 与 bd_t 的背景像素均设置成 0,目标像素均设置成 1,此时可得目标区域为

$$O(x, y) = |fd_t(x, y) \cup bd_t(x, y)| \quad (3)$$

式中 O 为二值的目标图像。对 O 进行形态学处理和连通区域检测,消除孤立点,填充孔洞,可得到完整的目标区域。

通过前边的处理,可以检测到移动目标,接下来

需要对移动目标进行特征提取。由于颜色直方图不易受形状和尺寸变化的影响,所以建立目标的直方图模型用于目标跟踪。假设跟踪目标在初始化中心为 y_0 、初始化窗宽为 S 的矩形框内,目标区域像素总数为 N ,HSV 颜色空间色调分量特征值有 H 个,则目标色调直方图模型为

$$q_h = C_h \sum_{i=1}^N k \left(\left\| \frac{y_0 - x_i}{S} \right\|^2 \right) \delta [b(x_i) - h] \quad (4)$$

式中 $x_i (i = 0, 1, \dots, N)$ 为目标区域像素; $h (h = 0, 1, \dots, H - 1)$ 分别取 H 个特征值; $b(x_i)$ 将目标的每个像素映射为特征空间对应值。若 $b(x_i) = h$ 则 $\delta [b(x_i) - h] = 1$; 否则 $\delta [b(x_i) - h] = 0$ 。归一化常数 C_h 为

$$C_h = \mathcal{V} \left(\sum_{i=1}^N k \left(\left\| \frac{y_0 - x_i}{S} \right\|^2 \right) \right) \quad (5)$$

假设当前帧和后续帧中,候选目标模型中心位置为 y ,则候选目标模型为

$$\begin{cases} p_h(y) = C_c \sum_{i=1}^N k \left(\left\| \frac{y_0 - x_i}{S} \right\|^2 \right) \delta [b(x_i) - h] \\ C_c = \mathcal{V} \left(\sum_{i=1}^N k \left(\left\| \frac{y_0 - x_i}{S} \right\|^2 \right) \right) \end{cases} \quad (6)$$

建立目标跟踪模型和候选目标模型后,系统采用均值偏移 (MeanShift) 算法^[6-8]实现目标追踪。定义 Bhattacharyya 系数衡量目标模型和候选模型的相似度为

$$\rho(p(y), q) = \sum_{h=1}^{H-1} \sqrt{p_h(y) q_h} \quad (7)$$

对式(7)进行泰勒展开,得

$$\begin{aligned} \rho[p(y), q] &\approx \frac{1}{2} \sum_{h=1}^h \sqrt{p(y_0) q_h} + \\ &\frac{1}{2} \sum_{h=1}^h p_h(y) \sqrt{\frac{q_h}{p_h(y_0)}} \end{aligned} \quad (8)$$

对式(8)整理可得

$$\begin{aligned} \rho[p(y), q] &\approx \frac{1}{2} \sum_{h=1}^h \sqrt{p(y_0) q_h} + \\ &\frac{C_c}{2} \sum_{i=1}^n w_i k \left(\left\| \frac{y_0 - x_i}{h} \right\|^2 \right) \end{aligned} \quad (9)$$

式中 $w_i = \sum_{h=1}^h \delta [b(x_i) - h] \sqrt{\frac{q_h}{p_h(y_0)}}$ 。

将每帧视频图像目标区域内的像素通过 $b(x)$ 映射为符合目标特征值的概率值。以 y_0 为起点计算目标新位置 y ,并将 y 作为下次迭代运算的起点,把跟踪窗口移到目标新位置处。目标新位置计算式为

$$y = \frac{\sum_{x_i \in M} W(x_i) x_i}{\sum_{x_i} W(x_i)} \quad (10)$$

式中 x_i 为各点坐标向量; w_i 为表示对坐标向量贡献大小的权重值。

$$W_i = \sum_{h=0}^{H-1} \sqrt{\frac{q_h}{p_h(y_0)}} \delta (b(x_i) - h) \quad (11)$$

更新目标模型和候选模型之间的相似度 $\rho(p(y), q)$ 。如果 $\rho(p(y), q) < \rho(p(y_0), q)$,则更新目标位置: $y = (y_0 + y) / 2$ 。倘若

$$\left\| y - y_0 \right\| < \varepsilon \quad (12)$$

式中 ε 为预设阈值;或迭代次数过多,则输出跟踪窗口并读取下一帧,重复上述过程。否则重新计算目标新位置。以 y_0 为起点沿符合目标特征值概率密度估计较大的方向移动,直至找到概率密度估计最大的点并将其作为跟踪的目标区域中心。重复上述步骤即可实现对视频图像中运动目标的跟踪。

3 系统运行结果及分析

系统可设定距离导线弧垂最低点一定距离以上为非安全区域,当有大型机械等外物闯入非安全区域时,如图3所示,系统会在现场发出声光报警,并同时向相关人员的手机上发送报警短信。当导线上有飘挂物时,如图4所示,监测系统只向相关人员的手机上发送报警短信,对此类报警不产生现场的声光报警。



图3 对大型机械的实时监测与报警

(下转第64页)

压器跳闸,吐鲁番地区电网孤网运行,不同低频方案动作后,对电网频率恢复和电压恢复进行了分析,方案1低频动作对电网频率和电压瞬间影响较小,但方案2在频率和电压恢复上略好于方案1。

具体到实际电网中,选择方案1(保工业负荷)或者方案2(保居民以及农网负荷),从保居民和农网负荷的角度出发,吐鲁番电网选择了方案2。

参考文献

[1] 余虹云,顾锦纹.华东电力系统低频减载方案的推定[J].浙江电力,1995(1):29-31.

(上接第24页)

根据公司安装在220 kV高压输电线路上的智能防外力破坏监测设备的运行测试结果,能准确监测识别出工程车辆侵入非安全区域,报警准确率达到90%以上,达到设计准确率大于85%要求。由于系统采用前端设备实时处理视频数据的方式,对比传统的传回后台主站处理方式,数据流量不到传统设备的5%。本智能视频防外破装置能够满足防外力破坏的实际工程需要。



图4 对线路上飘挂物的实时监测与报警

4 结 论

采用前端视频智能处理与多种传感器探测相结合的方法完成防外力破坏监测。多种灵敏、可靠的传感器辅助监测,弥补了只安装摄像机拍摄的监控盲点,减少对外力破坏行为的漏报,同时多种探测方式的结合也降低了对外力破坏行为的误报率。本系统采用视频图像前置处理的方法可以及时地启动报警,阻止外力破坏事件的发生,大幅度减少外力破坏

[2] 新疆电网2014年度运行方式[Z].新疆电力调度控制中心,2014.
[3] 吐鲁番电网2014年度运行方式[Z].吐鲁番电力调度控制中心,2014.
[4] P. Kundur. 电力系统稳定与控制[M].北京:中国电力出版社,2002:581-626.
[5] 刘肇旭,赵强,卜广全.全国电网互联系统频率特性及低频减载方案研究[M].北京:中国电力科学研究院,2007.

作者简介:

胡仁祥(1987),硕士,从事电网安全稳定运行控制。

(收稿日期:2014-10-08)

造成的停电事故以及由此带来的经济损失和人员伤亡。同时,采用在前端设备上完成视频数据处理的方法,极大地减少了回传至后台的通信数据量,有效降低系统的运行费用,具有良好的工程应用价值。

参考文献

[1] 谢兵,许金彤.基于3G网络的输电线路防外力破坏智能视频监控系统研究[J].华东电力,2010,38(11):30-31.
[2] 焦媛媛.在线视频监测系统在高压输电线路防外破工作中的技术实现及应用效果[J].广东科技,2012(23):13-15.
[3] 刘高,懿辉.嵌入式视频和图像识别技术在架空输电线路智能监控中的应用研究[J].计算机系统应用,2013,22(11):58-61.
[4] 秦晓敏.智能视频监控中目标跟踪的研究与实现[J].电子设计工程,2011,19(9):40-42.
[5] 鲁振山.基于视频图像的运动人体检测与跟踪算法研究[D].南京:南京理工大学,2010.
[6] 胡威.基于Meanshift的视频人体目标跟踪算法研究[D].上海:上海交通大学,2012.
[7] 井亮.基于视觉图像的移动目标跟踪技术研究[D].南京:南京航空航天大学,2011.
[8] 康烈.序列图像中目标跟踪算法研究[D].武汉:华中科技大学,2012.

作者简介:

杨帆(1980),大学本科,工程师,主要从事输电线路生产技术管理与研究;

余艺琳(1984),男,大学本科,助理工程师,主要从事输电线路运行维护技术管理与研究;

叶富彬(1982),大学本科,助理工程师,主要从事输电线路运行维护技术管理与研究。

(收稿时间:2014-09-11)