

引用格式:张侠. 深度学习网络的光通信系统入侵行为识别[J]. 微电子学与计算机, 2020, 37(4): 76-79. [ZHANG X. Intrusion identification of optical communication system based on deep learning network[J]. Microeletronics & Computer, 2020, 37(4): 76-79.]

深度学习网络的光通信系统入侵行为识别

张 侠

(武昌首义学院 信息工程学院, 湖北 武汉 430064)

摘 要: 为了获得高精度的光通信系统入侵行为自动识别结果, 提出了基于深度学习的光通信系统入侵行为自动识别技术. 首先采用光栅传感技术采集入侵行为信号, 然后从信号提取入侵的特征向量, 最后采用深度学习网络建立光通信系统入侵行为识别模型, 并进行了仿真实验. 结果表明, 本文方法可实现高精度光通信系统入侵行为自动识别, 降低了光通信系统入侵行为自动识别误差.

关键词: 深度学习; 光通信系统; 入侵行为; 识别技术

中图分类号: TP183

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2020)04-0076-04

Intrusion identification of optical communication system based on deep learning network

ZHANG Xia

(School of Information Science and Engineering, WuchangShouyi University, Wuhan 430064, China)

Abstract: In order to obtain the high precision automatic identification result of the intrusion behavior of optical communication system, an automatic identification technology of the intrusion behavior of optical communication system based on deep learning is proposed. Firstly, the fiber Bragg grating sensing technology is used to collect the intrusion behavior signal, and then the feature vector of the intrusion is extracted from the signal. Finally, the intrusion behavior recognition model of the optical communication system is established by using the deep learning network, and the simulation experiment is carried out. As a result, this method can automatically identify the intrusion behavior of high-precision optical communication system and reduce the error of automatic identification of intrusion behavior of optical communication system.

Keywords: Deep learning; optical communication system; intrusion behavior; recognition technology; simulation experiment

Key words: deep leaning; optical communication system; intrusion behavior; automatic identification

1 引言

光通信系统遭到自身技术条件约束具有很多功能缺陷, 已经满足不了现代周围安防需求. 近几年, 伴随各种技术的发展, 光通信系统的抗电磁干扰、灵敏度与可靠性更好, 但是人们对光通信系统的安全要求越来越高^[1,4].

在光通信系统中, 经常会出现一些入侵行为, 对光通信系统的安全产生严重干扰. 当前光通信系统入侵行为识别有聚类分析算法, 灰色关联算法等, 但它们的通信系统入侵行为识别精度低^[5-7].

为了解决通信系统入侵识别中存在的问题, 提出了深度学习的光通信系统入侵行为自动识别技术, 对通信系统安全智能监测提供有价值参考.

2 深度学习的光通信系统入侵行为自动识别技术

2.1 光栅传感技术的入侵行为挖掘

光栅布拉格反射波长 α_B 能够为成:

$$\alpha_B = 2m_{\text{eff}}\beta \quad (1)$$

式中, m_{eff} 为光栅有效折射率; β 为光栅周期。

若有入侵为时, m_{eff} 与 β 会出现变动, 光栅反射波长出现偏移, 光栅波长和外部应变与温的关联性是:

$$\Delta\alpha_B = (1 - Q_e)\delta + (b + \epsilon)\Delta\varphi \quad (2)$$

式中, $\Delta\alpha_B$ 为布拉格反射波长的偏移; δ 为应变。

光栅行为传感器的力学模型属于一种通过惯性质量 n 、弹性体 R 与阻尼器 d 构成的二阶单自由度系统, 若传感器遭到某个加速度行为, 而行为加速度小于谐振频率时, 光栅便会出现形变:

$$\Delta y(t) = \Delta Y_s \sin(\bar{\omega}h - \varphi) = \frac{B_s}{\bar{\omega}_m^2} \sin(\bar{\omega}h - \varphi) \quad (3)$$

式中, $\bar{\omega}$ 与 Y_s 为加载于传感器中的行为信号频率与振幅; $\bar{\omega}_m^2$ 为系统已有频率; $B_s = -\bar{\omega}^2 Y_s$ 为输入行为加速度的振幅^[8]。

由此可知, 光栅的形变和外部行为信号的行为频率存在一定关联性。对光栅行为传感器反射波长偏移量的检测, 能够感知周围外部存在入侵行为频率的时域、频域特征。

2.2 基于深度学习的光通信系统入侵行为识别

检测的周围外部入侵行为的时域、频域特征信号, 捕捉相邻信号间的非线性时空动作, 将此频率看成一个行为, 评价相邻行为间工作状态的关联性, 预测行为的后续工作状态, 最终按照行为后续工作状态的人侵度实现入侵行为识别^[9]。

2.2.1 捕捉相邻行为的非线性时空动作

长短期记忆模型属于深度学习网络, 能够回归行为边界框的像素亮度与方位, 将其设成输入帧实施逐帧监测和追踪。基于相干正则化整合自身行为与相邻行为状态, 刷新长短期记忆模型存储单元状况, 相干正则化为成:

$$r_h = g_h \otimes r_{h-1} + j_h \otimes \tan t(V_{y_r} y_h + V_{b_r} t_{h-1} + s_r) + \sum_{i \in \theta} \tau_i(h) g_h^i \otimes r_{h-1}^i \quad (4)$$

2.2.2 评价相邻行为间工作状态关联性

按照长短期记忆模型隐态信息得到的相邻行为的时变属性, 通过运行速度相关性评价相邻行为间

工作状态的关联性, 相邻行为间工作状态关联性的权值 $\tau_i(h)$ 是^[10]:

$$\tau_i(h) = \frac{1}{\partial_j} \exp \left[\frac{\left(\frac{u_j(h)u_i(h)}{\|u_j(h)\| \|u_i(h)\|} - 1 \right)}{2\mu^2} \right] \in (0, 1] \quad (5)$$

式中, j 与 i 为相邻行为的工作状态; $u_j(h)$ 与 $u_i(h)$ 为相邻行为各自于时间 h 中的速度, 两个速度值相乘后经过归一化常数 μ 实施归一化计算; ∂_j 用来计算关联权值, 若相邻行为的工作状态 j 与 i 偏差很大, $\tau_i(h)$ 的值接近于 0, 若相邻行为工作状态 j 与 i 相似度较大, $\tau_i(h)$ 的值接近于 1。

2.2.3 预测行为后续工作状态

使用编码-解码框架训练长短期记忆模型预测行为后续工作状态, 详情见图 1。具体步骤是:

(1) 基于学习训练, 通过长短期记忆模型的编码器把工作状态的输入映射至一个定长隐式向量, 基于编码时期的隐式向量是:

$$k_H = LSTM_r(W_H, k_{H-1}) \quad (6)$$

式中, k_H 为目前时间隐式向量; $LSTM_r$ 为采用长短期记忆模型编码器把行为工作状态的输入值 W_H 映射至前阶段隐式向量 k_{H-1} 中。

(2) 基于学习训练过程里, 通过长短期记忆模型的解码机器使用定长隐式向量预测行为后续工作状态, 隐式向量是:

$$k_H = LSTM_a(W_H, W_{H+1}) \quad (7)$$

其中, $LSTM_a$ 为通过长短期记忆模型的解码器使用定长隐式向量 k_{H-1} 得到目前时间隐式向量 k_H 后, 基于当下时间行为状态输入值 W_H 预测后续时间行为工作状态 W_{H+1} 。

最终, 按照预测的后续工作状态实现入侵行为识别。

3 仿真测试

3.1 光通信系统入侵行为的挖掘结果

建立一个光通信系统, 对一种入侵行为进行仿真模拟测试。图 2 为本文方法对入侵行为的检测时域、频域。从图 2 可以看出, 时域信号存在准周期分布特征, 光栅行为传感器遭到外部激励后出现了固定频率行为, 但低频段不存在显著的特征信号。

将本文方法对入侵行为和正常行为两种进行识别, 并将识结果与实际状况进行对比, 以平均误差为审核指标, 测试本文方法挖掘结果可信度, 结果如表 1 所示:

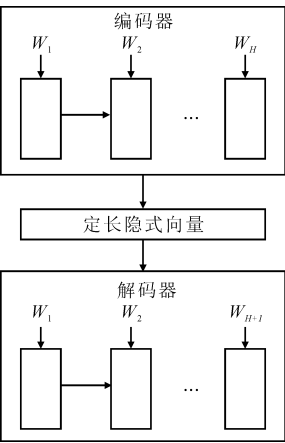


图 1 长短期记忆模型解码示意图

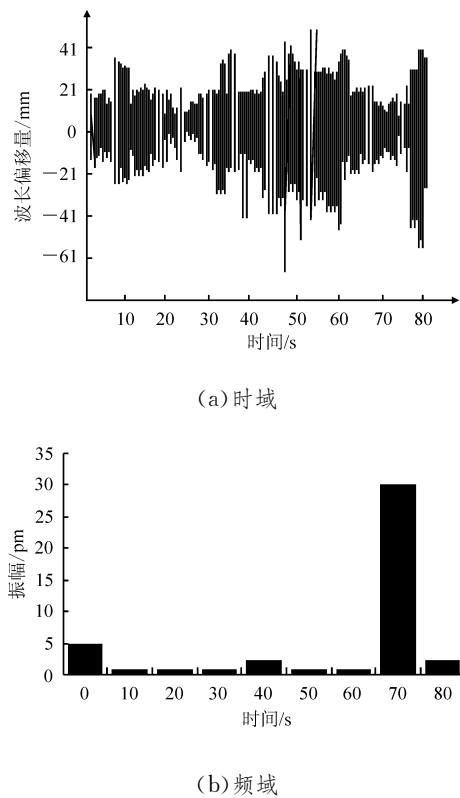


图 2 入侵行为的时域、频域网

表 1 本文方法挖掘结果平均误差值

时间/s	入侵行为	正常行为
10	0.01	0.01
20	0.01	0.01
30	0.01	0.01
40	0.01	0.01
50	0.01	0.01
60	0.02	0.02
70	0.01	0.01
80	0.01	0.01

分析表 1 可知,本文方法挖掘结果的平均误差值最大值仅有 0.02,则本文方法的分析结果可信度较高,上述分析结果可信.

3.2 入侵行为识别结果

为了测试本文方法的优越性,选择两种传统方法进行对比测试,对图 2 中的入侵行为,它们分别为基于特征融合的光通信系统入侵行为识别方法、基于经验分解的光通信系统入侵行为识别方法进行对比测试,采用它们对一个光通信系统入侵行为的 f 实施检测、追踪以及识别入侵行为识别. 每种方法进行 5 次实验,统计每种方法的光通信系统入侵行为识别的正确率、误识率、漏识率,它们结果如图 3~5 所示. 从图 3~5 可以看出,相对于基于特征融合的光通信系统入侵行为识别方法、基于经验分解的光通信系统入侵行为识别方法,深度学习网络的光通信系统入侵行为识别正确率得到大幅度提升,同时、误识率、漏识率要远小于基于特征融合的光通信系统入侵行为识别方法、基于经验分解的光通信系统入侵行为识别方法.

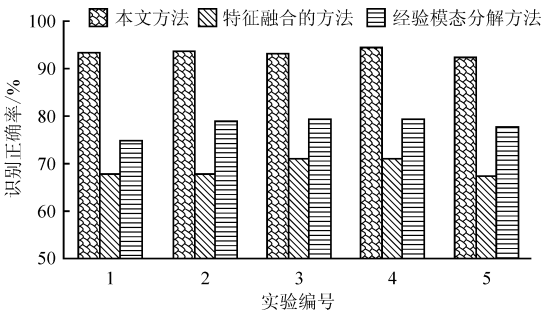


图 3 光通信系统入侵行为识别正确率

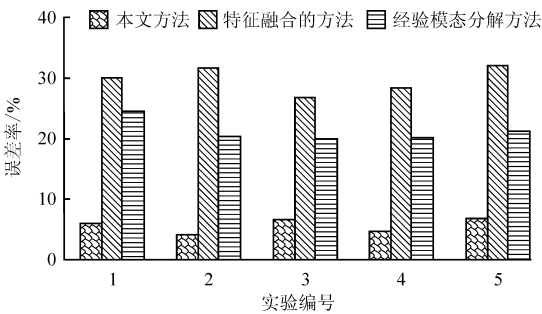


图 4 光通信系统入侵行为的误识率

信号采集的步长,对光通信系统的入侵行为识别效果会产生一定的影响,表 2 为不同步长的光通信系统的入侵行为识别正确率分析表 2 可知,伴随步长的增多,本文方法对入侵行为识别正确率也逐渐增加,最高达 99.05%,和对比方法相比更存在优势.

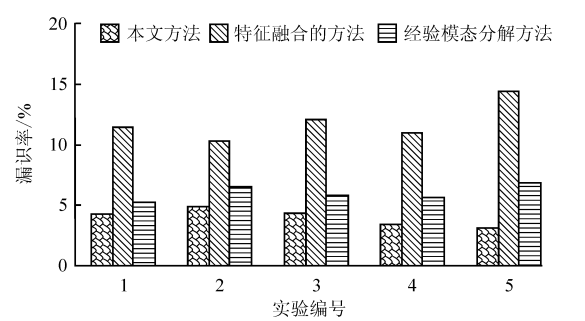


图 5 光通信系统入侵行为的漏识率

表 2 不同步长的入侵行为识别正确率(%)对比

步长	本文方法/%	特征融合的方法	经验模态分解方法
2	91.25	63.52	71.02
4	93.58	63.58	71.99
6	95.69	64.23	72.01
8	97.00	65.01	73.01
10	97.99	66.25	74.22
12	98.57	69.12	74.89
14	98.59	70.12	75.25
16	98.99	71.33	77.36
18	99.01	72.01	78.25
20	99.05	72.22	79.25

光栅传感器在获取外部入侵行为时,外界环境变化会影响监测信号,为此外界环境发生变化时,此的外部入侵行为有 4 种类型,休用本文方法对入侵行为进行识别,统计本文方法的识别精度,结果如表 3 所示.从表 3 可以看出,当此外界环境发生变化时,本文方法对外部四种入侵行为识别精度高达 0.99,具有较高的识别精度,证明了本文方法对外界环境因素发生变化具有较强的鲁棒性.

表 3 外部不同入侵行为模式下本文方法识别精度

入侵行为类型	本文方法识别精度
1	0.99
2	0.99
3	0.98
4	0.99

4 结束语

光通信系统可以保障人们财产安全与人身安全

全.近几年上网人们的数量高速增长,人们对光通信系统通信质量要求不断提高,光通信系统安全变成人们中不可忽视的问题,为此提出基于深度学习的光通信系统入侵行为自动识别技术,并将其通过实验验证其有效性,经验证:本文方法对入侵行为挖掘的平均误差值小,识别结果可信度较高.随着数据采集步长增多,本文方法对入侵行为识别正确率也逐渐增加.

参考文献:

[1] 方谦,胡文彬,龚铮,等.光栅锈蚀传感器的 Fe-C 敏感膜制备方法优化[J].功能材料,2017,48(8):44-45.

[2] 冯艳,王飞文,张华,等.布拉格光栅滑觉感知单元[J].光子学报,2019,48(9):56-63.

[3] 张新,杨直,李强龙,等.啁啾光栅的温度调谐特性研究[J].光学学报,2016,36(5):32-36.

[4] 孙诗惠,余有龙,李慧,等.基于光栅的应力波检测技术研究[J].中国激光,2016,43(5):116-121.

[5] 罗素明,吴昊,薛嫻,等.调强放疗多叶光栅野剂量质量核查方法研究[J].中华放射医学与防护杂志,2018,38(2):115-120.

[6] 黄新波,廖明进,徐冠华,等.采用光栅传感器的输电线路铁塔应力监测方法[J].电力自动化设备,2016,36(4):68-72.

[7] 孙媛凯,李英娜,胡明耀,等.输电铁塔塔身光栅结构监测与时序融合研究[J].传感技术学报,2016,29(3):451-455.

[8] 李红,祝连庆,闫光,等.基于改性型 UDP 和 CIGI 的光栅高速解调技术研究[J].仪器仪表学报,2016,37(1):129-135.

[9] 杨玉强,杨群,葛伟,等.温度自动补偿超磁致伸缩材料布拉格光栅电流传感器[J].光学精密工程,2016,24(10):2377-2383.

[10] 刘明尧,卢一帆,张志建,等.基于聚合物封装的布拉格光栅压力传感器[J].仪器仪表学报,2016,37(10):2392-2398.

作者简介:

张 侠 女,(1981-),硕士,高级工程师.研究方向为光电子技术、通信. E-mail:13437106988@163.com