

基于颜色和局部二值模式特征的车辆跟踪算法

顾鹏笠^a,周武杰^{a,b},潘 婷^a

(浙江科技学院 a. 机械与能源工程学院; b. 信息与电子工程学院, 杭州 310023)

摘 要: 针对目前车辆跟踪算法在应对光照变化时不稳定的特点,提出一种基于颜色特征和局部二值模式特征的车辆跟踪算法。即:提取样本的颜色特征和局部二值模式(LBP)特征,用结构化输出支持向量机(SVM)对正负样本进行分类,预测评分值最高的预测样本对应的坐标就是目标车辆所在位置。通过在有光照变化、运动模糊、快速运动等挑战的视频序列中进行仿真试验,表明在光照变化等情况下本文跟踪算法具有较强的鲁棒性。

关键词: 车辆跟踪;智能交通;颜色特征;局部二值模式

中图分类号: TP391.4

文献标志码: A

文章编号: 1671-8798(2018)06-0481-07

Vehicle tracking algorithm based on color features and LBP features

GU Pengli^a, ZHOU Wujie^{a,b}, PAN Ting^a

(a. School of Mechanical and Energy Engineering; b. School of Information and Electronic Engineering,
Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, Zhejiang, China)

Abstract: In response to instability of the current vehicle tracking algorithm in dealing with illumination variation, a kind of vehicle tracking algorithm based on color features and structural features was proposed. It extracted color features and local binary pattern (LBP) features of samples. The structured output support vector machine (SVM) was used to classify the positive and negative samples. The coordinate corresponding to the predicted sample with the highest predicted score was believed to be the location of the target vehicle. The simulation experiments have been carried out in several video sequences which involved illumination variation, motion blur, fast motion and other challenges. The results showed that this algorithm is fairly robust against illumination variation.

Keywords: vehicle tracking; intelligent transportation; color feature; local binary pattern (LBP)

交通视频影像是获取交通信息的重要来源,随着智能交通系统概念的普及,计算机视觉与车辆交通的关联越来越紧密,车辆跟踪也在近年来成为了目标跟踪领域研究的热门话题^[1-3]。车辆跟踪就是在给

收稿日期: 2018-04-09

基金项目: 国家自然科学基金项目(61502429);浙江省自然科学基金项目(LY18F020012);浙江科技学院研究生科研创新基金项目(2017YJSKC004)

通信作者: 周武杰(1983—),男,浙江省临海人,副教授,博士,主要从事计算机视觉与模式识别、深度学习研究。
E-mail: wujiezhou@163.com。

定了第一帧图像中车辆位置的情况下,对随后的交通视频中的车辆进行检测、识别、跟踪,跟踪结果会用矩形框将其标注出来,以便于进一步的分析处理。但是,交通场景的复杂使得在车辆跟踪的过程中稳定性容易受到光照、目标尺度变化、遮挡、运动模糊、速度等情况的影响。因此,如何对车辆进行跟踪对智能交通系统的发展有着重要的意义。

目前视觉跟踪的研究主要分为两种:生成式模型和判别式模型。生成式模型假定目标的外观生成过程,并搜索序列中最相似的候选对象。例如 Comaniciu 等^[4]提出将 meanshift 聚类应用于非刚体目标的跟踪;Vojir 等^[5]提出 meanshift 改进算法,在 meanshift 框架下加入了尺度估计和颜色特征;Ross 等^[6]提出 IVT 算法,采用增量的子空间模型来适应目标外形的变化;Mei 等^[7]提出将稀疏表示^[8]应用在 L1 跟踪器上,目标物体由目标和一些模板的稀疏线性融合所构成。判别式模型则寻找一个决策边界将目标与背景分开,提出将跟踪问题作为二分类问题。例如 Kalal 等^[9]提出的 TLD 算法,将算法明确分为跟踪、学习和检测三个部分,其中 P-N 学习器可以估计出检测器的错误,并及时更新检测器;Hare 等^[10]提出 struck 算法采用了哈尔特征,并对 SVM 分类器进行了改进。王乃岩等^[11]对目标跟踪算法进行总结发现,虽然机器学习的方法种类繁多,但目标跟踪领域特征提取才是最重要的部分,具有代表性的特征使得算法更为稳定,不易漂移。为了实现特征的多样性,将全局特征与局部特征都应用于跟踪器,本研究提出了一种基于颜色特征和局部二值模式(local binary pattern, LBP)特征的跟踪算法,旨在充分利用局部二值模式特征对光照的不敏感性,提高算法在应对光照场景变化时跟踪的稳定性和鲁棒性。

1 本文跟踪算法

本文跟踪算法如图 1 所示,具体过程包括:1)从输入帧中采样多个正、负样本矩形区域(图 1 中第二行第一张图黑色虚线框表示负样本,白色虚线框表示正样本),获取每个正、负样本矩形区域各自的特征和 LBP 特征,进而获得正样本和负样本总特征矩阵;2)采用结构化输出支持向量机 SO-SVM,训练正样本和负样本总特征矩阵,得到分类器模型;3)采用相同的方式在参考帧的后一帧待跟踪的车辆图像中采样多个候选矩形区域(图 1 中第一行第二张图灰色虚线框表示预测样本),作为预测样本,获取每个预测样本的颜色特征和 LBP 特征,得到预测样本总特征矩阵;4)将预测样本总特征矩阵作为输入参数,输

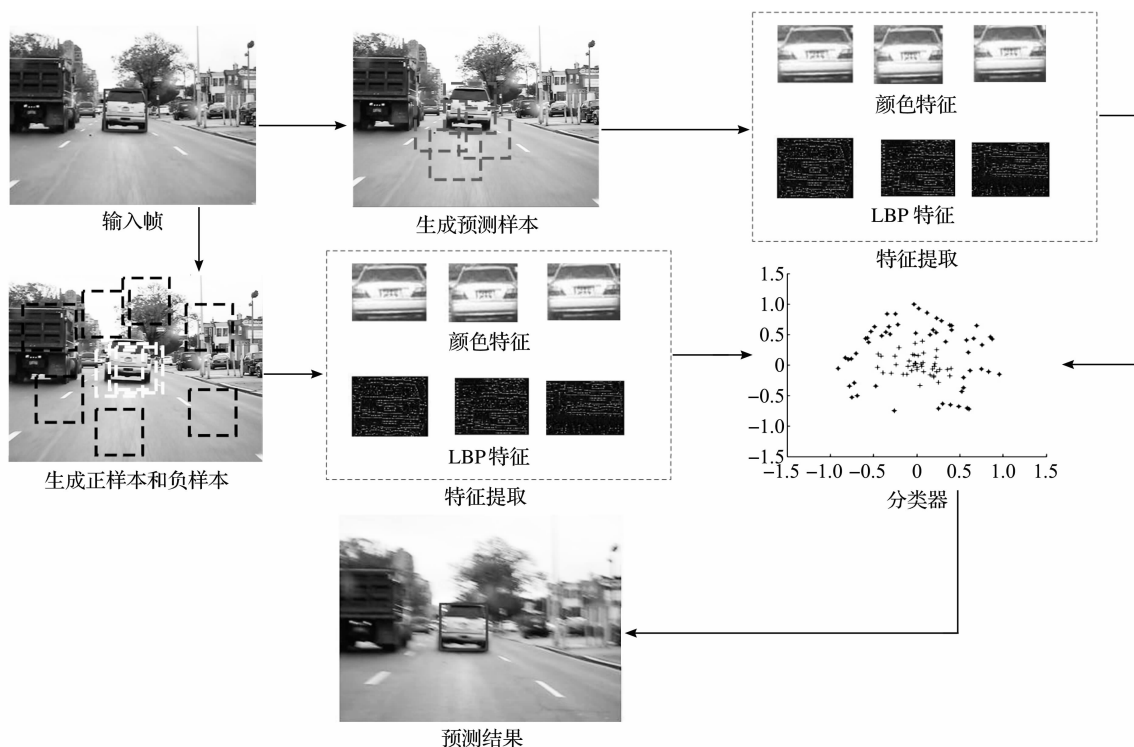


图 1 基于颜色特征和局部二值模式特征的车辆跟踪算法流程

Fig. 1 Procedure of vehicle tracking algorithm based on color features and LBP features

入分类器中得到每个候选矩形区域的预测评分值;5)将最大预测评分值对应的候选矩形区域作为该车辆图像中确定的包含车辆的目标矩形区域。本文跟踪算法充分利用 LBP 对光照的不敏感性,提高车辆在以光照变化为主的视频序列中跟踪的稳定性和鲁棒性。

2 特征提取

2.1 颜色特征

在进行颜色特征提取之前,本算法先将 RGB 颜色空间转换到 Lab 颜色空间,Lab 颜色空间模型是国际照明委员会(Commission Internationale de l'Eclairage, CIE)1976 年制定的一种色彩模式,其颜色的显示不依赖于设备。RGB 无法直接转换到 Lab,需通过 XYZ 颜色空间,设 RGB 空间的颜色分量分别为 R、G、B,RGB 颜色空间到 XYZ 颜色空间的转换如下:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4124 & 0.3576 & 0.1805 \\ 0.2126 & 0.7152 & 0.0722 \\ 0.0193 & 0.1192 & 0.9505 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}, \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} X_n \\ Y_n \\ Z_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4124 & 0.3576 & 0.1805 \\ 0.2126 & 0.7152 & 0.0722 \\ 0.0193 & 0.1192 & 0.9505 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 100 \\ 100 \\ 100 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

式(1)中:X、Y、Z 是 RGB 转 XYZ 后计算出来的值。式(2)中: X_n 、 Y_n 、 Z_n 一般默认是 95.05、100.0、108.9。

XYZ 颜色空间到 Lab 颜色空间的转换如下:

$$\begin{cases} L^* = 116f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - 16, \\ a^* = 500\left[f\left(\frac{X}{X_n}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_n}\right)\right], \\ b^* = 200\left[f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_n}\right)\right]. \end{cases} \quad (3)$$

式(3)中: L^* 、 a^* 、 b^* 为最终的 Lab 颜色空间 3 个通道的值。我们计算得到的 Lab 图像块为一个 $m \times n \times 3$ 的三维矩阵,将该矩阵的每一列连接在一起,变为一个 $s \times 1$ 列向量,其中 $s = m \times n \times 3$ 。此列向量即为我们所备用的颜色特征。由于颜色特征具有平移和旋转不变性,许多颜色特征为基础的跟踪算法也随之产生^[12-13]。

2.2 局部二值模式特征

局部二值模式是由 Ojala 等^[14]提出的一种描述图像局部特征的算子。该算子的提出旨在对图像纹理特征进行分析,目前 LBP 特征已在人脸识别^[15]、车牌识别^[16]等领域广泛应用。原始的 LBP 算子定义在 3×3 的图像块上,以图像块中心像素值为阈值,周边 8 个邻域像素与阈值进行大小比较,如果大于阈值,则该像素点的位置被标记为 1,否则为 0。这样比较后,8 个像素点可产生 1 个 8 位二进制数,将二进制数转十进制数得到该图像块中心像素点的 LBP 值,这个值反映了图像在这个区域的纹理信息,过程如图 2 所示。我们采用改进的圆形邻域算子 LBP(P, R)如图 3 所示,其中 P 表示采样邻近像素点的个数, R 表示采样半径,即圆形邻域半径。在圆形邻域上进行采样,可能会造成某些采样点不在某个完整的像素点上。为了得到这个点的灰度值我们对该点进行线性插值计算。

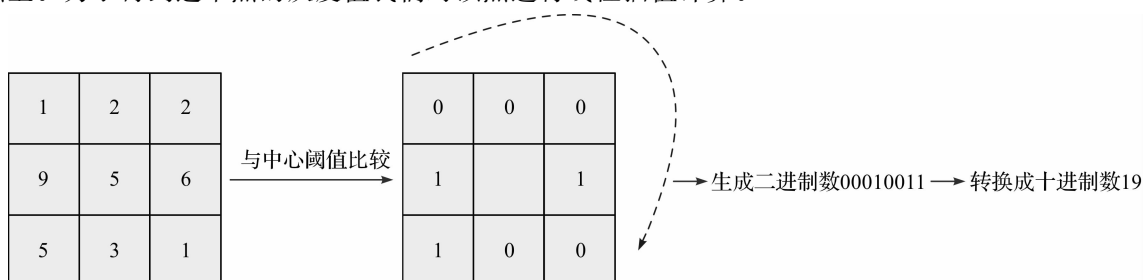


图2 LBP算子

Fig. 2 Operator of LBP

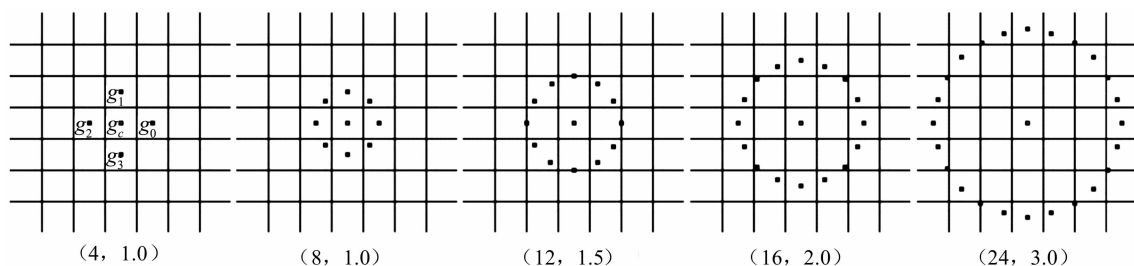


图 3 圆形邻域算子 LBP

Fig. 3 Circular neighborhood operator of LBP

3 分类器的设计

Struck^[10]算法以结构化输出支持向量机为分类器,在目标跟踪的各种挑战场景中都有较好的鲁棒性。传统分类器对正负样本统一采用二值标注,即正样本记为+1,负样本记为-1,而结构化支持向量机则通过在线学习由分类器自身选择目标所在位置,而非受样本标注来甄选目标位置,分类器对目标的选择由预测函数 f 来决定, $f: X \rightarrow Y$, 预测帧与帧之间目标是否发生位移及位移的大小,其中 Y 表示搜寻空间,也就是帧间目标位置变化关系的集合。例如, $y_t \in Y$, 上一帧中目标的位置为 P_{t-1} , 则在当前帧中,目标位置就为 $P_t = P_{t-1} \circ y_t$ (\circ 表示映射的乘法), 即 P_t 结合了目标上一帧的位置与目标位置的变化关系。因此,在 Struck 算法中,已知类型的样本用 (x, y) 表示,而不再是 $(x, +1)$ 或者 $(x, -1)$ 。为了在目标被遮挡情况下不轻易出现漂移,我们在分类器环节上引入了结构化输出支持向量机。

4 试验与分析

采用英特尔 Core i5 四核处理器计算机在 Matlab R2016a 上进行仿真试验,设置 $P=24, R=3$, 采用线性插值法及旋转不变性特征,数据库使用 Visual Tracker Benchmark^[13], 包括“BlurCar 1”“CarDark”车辆序列,其跟踪结果如图 4 和图 5 所示,图中左上角数字为图片帧数。在图 4 与图 5 中都给出了第一帧我们需要跟踪的目标车辆位置。



图 4 BlurCar 1 序列跟踪结果

Fig. 4 Tracking result of BlurCar 1 sequence



图5 CarDark 序列跟踪结果

Fig. 5 Tracking result of CarDark sequence

我们与部分跟踪算法进行了对比试验,其结果如图6和图7所示。图6中白色实线框为我们算法的跟踪结果,黑色实线框为CT^[18]算法,黑色点线框为TLD^[9]算法。图7中白色实线框为我们算法的跟踪结果,白色点线框为TLD^[9]算法。由图6和图7可知,我们提出的算法在遇到运动漂移、暗光等苛刻环境下有不错的跟踪效果。

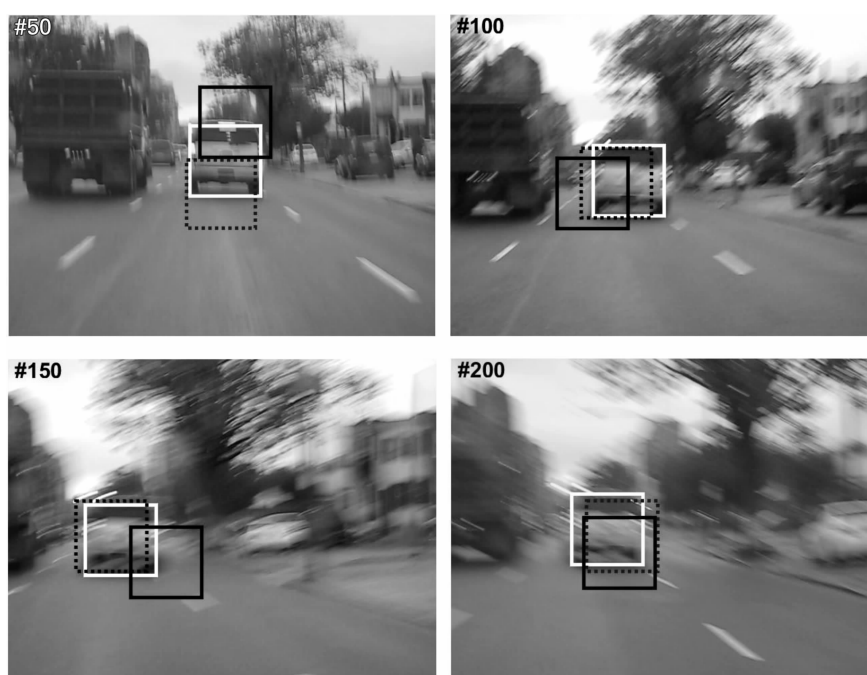


图6 BlurCar 1 序列多算法对比结果

Fig. 6 Comparison result of multiple-algorithms of BlurCar 1 sequence

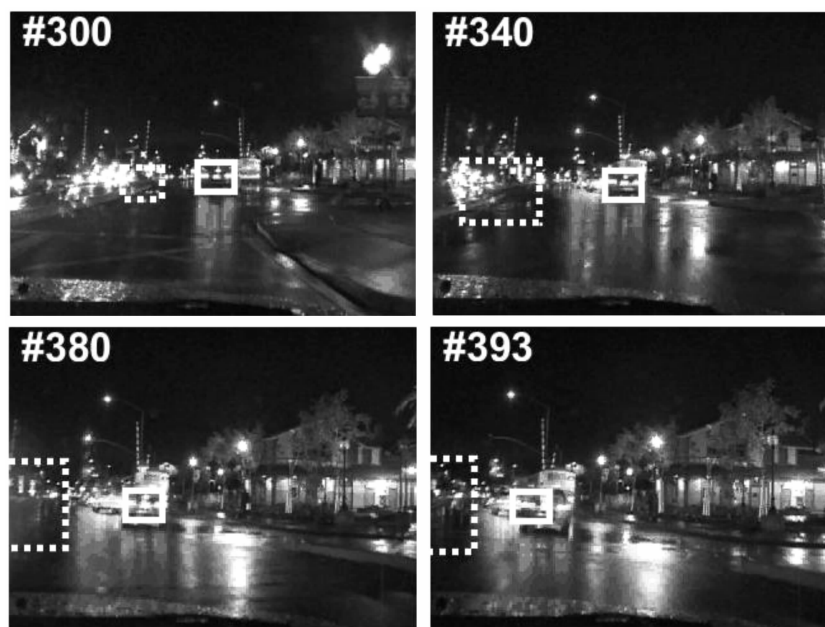


图 7 CarDark 序列多算法对比结果

Fig. 7 Comparison result of multiple-algorithms of CarDark sequence

5 结 论

综上所述,本研究提出一种简单而鲁棒的车辆跟踪算法,此算法采用基于颜色和局部二值模式的特征提取,运用了结构化输出支持向量机对正负样本分类。本文算法的优点如下:1)采用滑动窗口滤波器,从而降低了程序运行的时间成本;2)将局部二值模式特征融合到车辆跟踪的特征提取中,从而提高了车辆跟踪在应对运动模糊和快速运动时的准确性;3)同时考虑局部二值模式特征和颜色特征的结合,并最终融合得到全新的特征服务于跟踪,通过这个过程进一步增加了获取车辆特征的多样性,从而提高了车辆跟踪在应对不同环境挑战时的稳定性。

为了能够获得更好的可靠性和更广泛的应用,我们的算法仍然有很多挑战性的问题需要解决,例如,对每个样本都要提取两种特征,在计算特征所消耗的时间成本上较多,导致算法速度不尽如人意;在更新分类器方面,我们使用了固定的阈值进行更新,在这方面后续的工作还可以再细化。

参考文献:

- [1] 杜海顺,李嘉宸,魏兆敏,等. 基于改进高斯混合模型和卡尔曼滤波的车辆检测与跟踪[J]. 河南大学学报(自然科学版), 2017, 47(6): 693.
- [2] 郭新新,崔爱军,万洪林,等. 基于中值滤波和多特征融合的粒子滤波车辆跟踪算法研究[J]. 山东师范大学学报(自然科学版), 2017, 32(3): 69.
- [3] 高鉴. 基于模板匹配的视频车辆跟踪算法研究[J]. 电子技术, 2017(7): 6.
- [4] COMANICIU D, RAMESH V, MEER P. Real-time tracking of non-rigid objects using mean shift[C]//Proceedings IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Hilton; IEEE, 2000: 142.
- [5] VOJIR T, NOSKOVA J, Matas J. Robust scale-adaptive mean-shift for tracking[J]. Pattern Recognition Letters, 2014, 49: 250.
- [6] ROSS D A, LIM J, LIN R S, et al. Incremental learning for robust visual tracking[J]. International Journal of Computer Vision, 2008, 77(1/2/3): 125.
- [7] MEI X, LING H. Robust visual tracking and vehicle classification via sparse representation[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2011, 33(11): 2259.
- [8] WRIGHT J, YANG A Y, GANESH A, et al. Robust face recognition via sparse representation[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2009, 31(2): 210.

- [9] KALAL Z, MIKOLAJCZYK K, MATAS J. Tracking-learning-detection[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2012, 34(7):1409.
- [10] HARE S, GOLODETZ S, SAFFARI A, et al. Struck: structured output tracking with kernels[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2016, 38(10):2096.
- [11] WANG N, SHI J, YEUNG D Y, et al. Understanding and diagnosing visual tracking systems[C]//2015 IEEE International Conference on Computer Vision, Santiago;IEEE, 2015:3101.
- [12] 李沫,李晶,赵鹏飞,等. 一种改进的粒子滤波视觉跟踪算法[J]. 光学与光电技术,2017,15(4):72.
- [13] 朱文佳,金强,余焯. 颜色与纹理自适应融合的粒子滤波跟踪算法[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版),2017,40(8):1053.
- [14] OJALA T, PIETIKÄÄINEN M, MÄENPÄÄ T. Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002, 24(7):976.
- [15] 李闻,刘陶唐. 局部二值模式算法及其人脸识别应用[J]. 山西农经,2017(18):125.
- [16] 高聪,王福龙. 局部 HOG 和分层 LBP 特征融合的车牌字符识别[J]. 计算机系统应用,2017,26(4):116.
- [17] WU Y, LIM J, YANG M H. Online object tracking: a benchmark[C]//2013 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Portland; IEEE, 2013:2411.
- [18] ZHANG K, ZHANG L, YANG M H. Real-time compressive tracking[C]//12th European Conference on Computer Vision, Florence;Springer,2012: 864.

~~~~~  
(上接第 473 页)

- [4] 林舒,科斯特洛. 差错控制编码[M]. 北京:机械工业出版社,2007:765.
- [5] 3rd Generation Partnership Project. E-UTRA multiplexing and channel coding: 3GPP TS 36. 212[S]. Valbonne: 3GPP,2018:119.
- [6] 3rd Generation Partnership Project. E-UTRA physical layer procedures: 3GPP TS 36. 213[S]. Valbonne:3GPP, 2018:223.
- [7] MAI V, PHAM A T. Cross-layer designs and analysis of adaptive-rate transmission and ARQ for free-space optical communications[J]. IEEE Photonics Journal,2016,8(1):1.
- [8] PARTHASARATHY S, KIRSTAEDTER A, GIGGENBACH D. Simulative performance analysis of ARQ schemes for free-space optical inter-HAP channel model[C]//Proceedings of IEEE Photonic Networks. Leipzig: IEEE,2015:1.
- [9] WU M W, KAM P Y. ARQ with channel gain monitoring[J]. IEEE Transactions on Communications,2012,60(11):3342.
- [10] WU M W, KAM P Y. ARQ with a packet-error-outage-probability QoS measure[C]//Proceedings of IEEE International Conference on Communications. Kyoto: IEEE,2011:5.
- [11] SANKARASUBRAMANIAM Y, AKYILDIZ I F, MCLAUGHLIN S W. Energy efficiency based packet size optimization in wireless sensor networks[C]//Proceedings of the First IEEE International Workshop on Sensor Network Protocols and Applications. Anchorage: IEEE,2003:1.
- [12] 田真,袁东风,梁泉泉. 无线传感器网络差错控制技术的能效分析[J]. 通信学报,2008(11):77.
- [13] 余作奔,岑岗,舒向宁,等. 基于有效信噪比的自动重传请求协议性能比较[J]. 浙江科技学院学报,2016,28(5):362.
- [14] 樊昌信. 通信原理[M]. 北京:中国石化出版社,2012:72.
- [15] SIMON M K, ALOUINI M S. Digital communication over fading channels[M]. Hoboken: Wiley-Interscience, 2000:758.