目 录

[1 绪论 1](#_Toc513820986)

[1.1 选题意义与应用背景 1](#_Toc513820987)

[1.2 设备识别研究现状 2](#_Toc513820988)

[1.2.1 基于软件的设备识别 2](#_Toc513820989)

[1.2.2 基于硬件的设备识别 3](#_Toc513820990)

[1.3 本文的研究内容 5](#_Toc513820991)

[1.4 论文的组织结构 7](#_Toc513820992)

[2 基于流量认知的无线设备指纹识别原理与框架 8](#_Toc513820993)

[2.1 无线数据帧与设备个体的相关性 8](#_Toc513820994)

[2.2 基于流量认知的无线设备指纹识别框架 9](#_Toc513820995)

[2.3 本章小结 10](#_Toc513820996)

[3 面向设备指纹的流量分析与认知 11](#_Toc513820997)

[3.1 流量帧介绍 11](#_Toc513820998)

[3.2 流量数据采集 13](#_Toc513820999)

[3.2.1 无线网络环境 13](#_Toc513821000)

[3.2.2 数据采集方案 16](#_Toc513821001)

[3.2.3 数据集介绍 16](#_Toc513821002)

[3.3 数据预处理 18](#_Toc513821003)

[3.3.1 数据帧参数提取 19](#_Toc513821004)

[3.3.2 数据降噪 20](#_Toc513821005)

[3.3.3 数据归一化 22](#_Toc513821006)

[3.4 特征指纹生成 23](#_Toc513821007)

[3.4.1 基于概率密度的特征指纹 23](#_Toc513821008)

[3.4.2 基于多特征融合的特征指纹 25](#_Toc513821009)

[3.5 本章小结 25](#_Toc513821010)

[4 无线设备指纹识别 26](#_Toc513821011)

[4.1 无线设备指纹识别概述 26](#_Toc513821012)

[4.2 设备识别分类器 26](#_Toc513821013)

[4.2.1 随机森林 26](#_Toc513821014)

[4.2.2 支持向量机 27](#_Toc513821015)

[4.2.3 K最近邻 28](#_Toc513821016)

[4.2.4 朴素贝叶斯 29](#_Toc513821017)

[4.3 评估方法 29](#_Toc513821018)

[4.3.1 数据集 29](#_Toc513821019)

[4.3.2 训练和测试过程 30](#_Toc513821020)

[4.3.3 评估指标 31](#_Toc513821021)

[4.4 实验结果与分析 31](#_Toc513821022)

[4.4.1 实验1：设备识别实验结果与分析 32](#_Toc513821023)

[4.4.2 实验2：特征空间变化对识别效果的影响 33](#_Toc513821024)

[4.5 本章小结 37](#_Toc513821025)

[5 无线设备指纹识别原型系统的开发与实现 38](#_Toc513821026)

[5.1 原型系统需求分析 38](#_Toc513821027)

[5.2 原型系统架构设计 40](#_Toc513821028)

[5.3 原型系统实现 41](#_Toc513821029)

[5.3.1 流量数据捕获模块 41](#_Toc513821030)

[5.3.2 特征指纹形成模块 42](#_Toc513821031)

[5.3.3 无线设备识别模块 43](#_Toc513821032)

[5.3.4 指纹库更新模块 45](#_Toc513821033)

[5.3.5 Web服务器端开发 46](#_Toc513821034)

[5.4 原型系统功能测试 49](#_Toc513821035)

[5.4.1 流量数据捕获模块功能测试 49](#_Toc513821036)

[5.4.2 特征指纹构建模块功能测试 50](#_Toc513821037)

[5.4.3 无线设备识别模块功能测试 52](#_Toc513821038)

[5.4.4 指纹库更新模块功能测试 53](#_Toc513821039)

[5.5 本章小结 54](#_Toc513821040)

[6 结论与展望 55](#_Toc513821041)

[6.1 论文工作总结 55](#_Toc513821042)

[6.2 不足与展望 56](#_Toc513821043)

[致 谢 57](#_Toc513821044)

[参考文献 58](#_Toc513821045)

[攻读学位期间取得的研究成果 61](#_Toc513821046)

声明

1. 第41次《中国互联网络发展状况统计报告》发布[J]. 中国广播, 2018(3).
2. 俞佳宝, 胡爱群, 朱长明,等. 无线通信设备的射频指纹提取与识别方法[J]. 密码学报, 2016, 3(5).
3. 袁红林. 基于射频指纹的无线网络物理层认证关键技术研究[D]. 东南大学, 2011.
4. Chaabouni R. Break WEP Faster with Statistical Analysis[J]. Epfl, 2006.
5. Mavridis I P, Androulakis A I E, Halkias A B, et al. Real-Life Paradigms of Wireless Network Security Attacks[C]// Informatics. IEEE, 2011:112-116.
6. Ross A, Jain A. Information fusion in biometrics[J]. Pattern Recognition Letters, 2003, 24(13):2115-2125.
7. Tuyls P, Goseling J. Capacity and Examples of Template-Protecting Biometric Authentication Systems[C]// Biometric Authentication, ECCV 2004 International Workshop, BioAW 2004, Prague, Czech Republic, May 15, 2004, Proceedings. DBLP, 2004:158-170.
8. Talbot K I, Duley P R, Hyatt M H. Specific emitter identification and verification[J]. Technology Review, 2003.
9. Riezenman M J. Cellular security: better, but foes still lurk[J]. Spectrum IEEE, 2000, 37(6):39-42.
10. Langley L E. Specific emitter identification (SEI) and classical parameter fusion technology[C]// Wescon/'93. Conference Record. IEEE, 2002:377-381.
11. 张旭. 基于信号分析的无线设备“指纹”特征提取[D]. 北京邮电大学, 2015.
12. Guo F, Chiueh T. Sequence Number-Based MAC Address Spoof Detection[J]. Lecture Notes in Computer Science, 2005, 3858:309-329.
13. 顾杨. 基于无线设备特征指纹的无线钓鱼接入点检测技术研究[D]. 南京邮电大学, 2014.
14. Desmond L C C, Yuan C C, Tan C P, et al. Identifying unique devices through wireless fingerprinting[C]// ACM Conference on Wireless Network Security, WISEC 2008, Alexandria, Va, Usa, March 31 - April. DBLP, 2008:46-55.
15. Pang J, Greenstein B, Gummadi R, et al. 802.11 user fingerprinting[C]// International Conference on Mobile Computing and Networking, MOBICOM 2007, Montréal, Québec, Canada, September. DBLP, 2007:99-110.
16. Sieka B. Active fingerprinting of 802.11 devices by timing analysis[C]// Ccnc 2006. 2006, IEEE Consumer Communications and NETWORKING Conference. IEEE, 2006:15-19.
17. Gao K, Corbett C, Beyah R. A passive approach to wireless device fingerprinting[C]// Ieee/ifip International Conference on Dependable Systems and Networks. IEEE, 2010:383-392. Yen T F, Xie Y, Yu F, et al. Host Fingerprinting and Tracking on the Web:Privacy and Security Implications[J]. 2012, 11(1):111 - 124.
18. Lyon G. Nmap: a free network mapping and security scanning tool[EB/OL]. [11-5]. <https://nmap.org/>.
19. Yarochkin F, Kydyraliev M, Arkin O. Xprobe project[EB/OL]. <http://ofirarkin.wordpress.com/xprobe/>.
20. Eckersley P. How Unique Is Your Web Browser? Privacy Enhancing Technologies, International Symposium, PETS 2010, Berlin, Germany, July 21-23, 2010. Proceedings, 2010[C].
21. Yen T F, Xie Y, Yu F, et al. Host Fingerprinting and Tracking on the Web:Privacy and Security Implications[J]. 2012, 11(1):111 - 124.
22. Mowery K, Bogenreif D, Yilek S, et al. Fingerprinting Information in JavaScript Implementations[C]// Acoustics, Speech and Signal Processing, 2009. ICASSP 2009. IEEE International Conference on. IEEE, 2011:9-12.
23. Acar G, Juarez M, Nikiforakis N, et al. FPDetective:dusting the web for fingerprinters[C]// ACM Sigsac Conference on Computer & Communications Security. ACM, 2013:1129-1140.
24. Łukasz Olejnik, Castelluccia C, Janc A. Why Johnny Can't Browse in Peace: On the Uniqueness of Web Browsing History Patterns[J]. Hot Topics in Privacy Enhancing Technologies, 2012, 69(1-2):63-74.
25. Bratus S, Cornelius C, Kotz D, et al. Active behavioral fingerprinting of wireless devices[C]// ACM Conference on Wireless Network Security. ACM, 2008:56-61.
26. Radhakrishnan S V, Uluagac A S, Beyah R. GTID: A Technique for Physical Device and Device Type Fingerprinting[J]. IEEE Transactions on Dependable & Secure Computing, 2015, 12(5):519-532.
27. Khlifi H, Gregoire J C. Estimation and removal of clock skew from delay measures[C]// IEEE International Conference on Local Computer Networks. IEEE, 2004:144-151.
28. Kohno T, Broido A, Claffy K C. Remote Physical Device Fingerprinting[C]// Security and Privacy, 2005 IEEE Symposium on. IEEE, 2005:211-225.
29. Cristea M, Groza B. Fingerprinting Smartphones Remotely via ICMP Timestamps[J]. IEEE Communications Letters, 2013, 17(6):1081-1083.
30. Langley L E. Specific emitter identification (SEI) and classical parameter fusion technology[C]// Wescon/'93. Conference Record. IEEE, 2002:377-381.
31. Lanze F, Panchenko A, Braatz B, et al. Clock skew based remote device fingerprinting demystified[C]// Global Communications Conference. IEEE, 2012:813-819.
32. Neumann C, Heen O, Onno S. An Empirical Study of Passive 802.11 Device Fingerprinting[J]. 2014:593-602.
33. Franklin J, Mccoy D, Tabriz P, et al. Passive data link layer 802.11 wireless device driver fingerprinting[C]// Conference on Usenix Security Symposium. USENIX Association, 2006:167--178.
34. Gerdes R M, Daniels T, Mina M, et al. Device Identification via Analog Signal Fingerprinting: A Matched Filter Approach.[C]// 144 Proceedings of the Network and Distributed System Security Symposium. 2004:78.
35. Brik V, Banerjee S, Gruteser M, et al. Wireless device identification with radiometric signatures[C]// ACM International Conference on Mobile Computing and NETWORKING. ACM, 2008:116-127.
36. Nguyen N T, Zheng G, Han Z, et al. Device fingerprinting to enhance wireless security using nonparametric Bayesian method[C]// INFOCOM, 2011 Proceedings IEEE. IEEE, 2011:1404-1412.
37. Li Z, Xu W, Miller R, et al. Securing wireless systems via lower layer enforcements[C]// ACM Workshop on Wireless Security. ACM, 2006:33-42.
38. Shi Y, Jensen M A. Improved Radiometric Identification of Wireless Devices Using MIMO Transmission[J]. IEEE Transactions on Information Forensics & Security, 2011, 6(4):1346-1354.
39. Das A, Borisov N, Caesar M. Do You Hear What I Hear?: Fingerprinting Smart Devices Through Embedded Acoustic Components[C]// ACM Sigsac Conference on Computer and Communications Security. ACM, 2014:441-452.
40. Dey S, Roy N, Xu W, et al. AccelPrint: Imperfections of Accelerometers Make Smartphones Trackable[M]. 2014.
41. Breiman L I, Friedman J H, Olshen R A, et al. Classification and Regression Trees (CART)[J]. Encyclopedia of Ecology, 1984, 40(3):582-588.
42. 陈峰. 基于CART 算法的空气质量指数回归预测模型的学习[J]. 上饶师范学院学报, 2016, 36(6):16-21.
43. Breiman L. Random Forests[J]. Machine Learning, 2001, 45(1):5-32.
44. Cortes C, Vapnik V. Support-vector networks[J]. Machine Learning, 1995, 20(3):273-297.
45. Hsu C W. A practical guide to support vector classification[J]. 2003, 67(5).
46. 周志华. 《机器学习》[J]. 中国民商, 2016(3).
47. Cover T M, Hart P E. Nearest neighbor pattern classification[J]. IEEE Trans.inf.theory, 1967, 13(1):21-27.
48. J H D, Yu K. Idiot's Bayes—Not So Stupid After All?[J]. International Statistical Review, 2001, 69(3):385-398.
49. 赵敏. 聚类分析与朴素贝叶斯分类在客户价值预测中的应用研究[D]. 合肥工业大学, 2010.
50. Kohavi R. A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection[C]// International Joint Conference on Artificial Intelligence. Morgan Kaufmann Publishers Inc. 1995:1137-1143.
51. 李丽萍. 基于VC++的WinSock网络通信程序设计[J]. 百色学院学报, 2003, 16(6):60-63.

目 录

[1 绪论 1](#_Toc514342107)

[1.1 选题意义与应用背景 1](#_Toc514342108)

[1.2 设备识别研究现状 2](#_Toc514342109)

[1.2.1 基于软件的设备识别 2](#_Toc514342110)

[1.2.2 基于硬件的设备识别 3](#_Toc514342111)

[1.3 本文的研究内容 5](#_Toc514342112)

[1.4 论文的组织结构 7](#_Toc514342113)

[2 基于流量认知的无线设备指纹识别原理与框架 8](#_Toc514342114)

[2.1 无线数据帧与设备个体的相关性 8](#_Toc514342115)

[2.2 基于流量认知的无线设备指纹识别框架 9](#_Toc514342116)

[2.3 本章小结 10](#_Toc514342117)

[3 面向设备指纹的流量分析与认知 11](#_Toc514342118)

[3.1 流量数据采集 11](#_Toc514342119)

[3.1.1 无线网络环境 11](#_Toc514342120)

[3.1.2 数据采集方案 13](#_Toc514342121)

[3.1.3 数据集介绍 14](#_Toc514342122)

[3.2 数据预处理 16](#_Toc514342123)

[3.2.1 数据帧参数提取 16](#_Toc514342124)

[3.2.2 数据降噪 17](#_Toc514342125)

[3.2.3 数据归一化 20](#_Toc514342126)

[3.3 特征指纹生成 21](#_Toc514342127)

[3.3.1 基于概率密度的特征指纹 21](#_Toc514342128)

[3.3.2 基于多特征融合的特征指纹 23](#_Toc514342129)

[3.4 本章小结 23](#_Toc514342130)

[4 无线设备指纹识别 24](#_Toc514342131)

[4.1 无线设备指纹识别概述 24](#_Toc514342132)

[4.2 设备识别分类器 24](#_Toc514342133)

[4.2.1 随机森林 24](#_Toc514342134)

[4.2.2 支持向量机 25](#_Toc514342135)

[4.2.3 K最近邻 26](#_Toc514342136)

[4.2.4 朴素贝叶斯 27](#_Toc514342137)

[4.3 评估方法 27](#_Toc514342138)

[4.3.1 数据集 27](#_Toc514342139)

[4.3.2 训练和测试过程 28](#_Toc514342140)

[4.3.3 评估指标 29](#_Toc514342141)

[4.4 实验结果与分析 30](#_Toc514342142)

[4.4.1 实验1：设备识别实验结果与分析 30](#_Toc514342143)

[4.4.2 实验2：特征空间变化对识别效果的影响 31](#_Toc514342144)

[4.5 本章小结 35](#_Toc514342145)

[5 无线设备指纹识别原型系统的开发与实现 36](#_Toc514342146)

[5.1 原型系统需求分析 36](#_Toc514342147)

[5.2 原型系统架构设计 38](#_Toc514342148)

[5.3 原型系统实现 39](#_Toc514342149)

[5.3.1 流量数据捕获模块 39](#_Toc514342150)

[5.3.2 特征指纹形成模块 40](#_Toc514342151)

[5.3.3 无线设备识别模块 41](#_Toc514342152)

[5.3.4 指纹库更新模块 43](#_Toc514342153)

[5.3.5 Web服务器端开发 44](#_Toc514342154)

[5.4 原型系统功能测试 47](#_Toc514342155)

[5.4.1 流量数据捕获模块功能测试 47](#_Toc514342156)

[5.4.2 特征指纹构建模块功能测试 48](#_Toc514342157)

[5.4.3 无线设备识别模块功能测试 50](#_Toc514342158)

[5.4.4 指纹库更新模块功能测试 51](#_Toc514342159)

[5.5 本章小结 52](#_Toc514342160)

[6 结论与展望 53](#_Toc514342161)

[6.1 论文工作总结 53](#_Toc514342162)

[6.2 不足与展望 54](#_Toc514342163)

[致 谢 55](#_Toc514342164)

[参考文献 56](#_Toc514342165)

[攻读学位期间取得的研究成果 59](#_Toc514342166)

[1 绪论 1](#_Toc514342107)

[1.1 选题意义与应用背景 1](#_Toc514342108)

[1.2 设备识别研究现状 2](#_Toc514342109)

[1.2.1 基于软件的设备识别 2](#_Toc514342110)

[1.2.2 基于硬件的设备识别 3](#_Toc514342111)

[1.3 本文的研究内容 5](#_Toc514342112)

[1.4 论文的组织结构 7](#_Toc514342113)

[2 基于流量认知的无线设备指纹识别原理与框架 8](#_Toc514342114)

[2.1 无线数据帧与设备个体的相关性 8](#_Toc514342115)

[2.2 基于流量认知的无线设备指纹识别框架 9](#_Toc514342116)

[2.3 本章小结 10](#_Toc514342117)

[3 面向设备指纹的流量分析与认知 11](#_Toc514342118)

[3.1 流量数据采集 11](#_Toc514342119)

[3.1.1 无线网络环境 11](#_Toc514342120)

[3.1.2 数据采集方案 13](#_Toc514342121)

[3.1.3 数据集介绍 14](#_Toc514342122)

[3.2 数据预处理 16](#_Toc514342123)

[3.2.1 数据帧参数提取 16](#_Toc514342124)

[3.2.2 数据降噪 17](#_Toc514342125)

[3.2.3 数据归一化 20](#_Toc514342126)

[3.3 特征指纹生成 21](#_Toc514342127)

[3.3.1 基于概率密度的特征指纹 21](#_Toc514342128)

[3.3.2 基于多特征融合的特征指纹 23](#_Toc514342129)

[3.4 本章小结 23](#_Toc514342130)

[4 无线设备指纹识别 24](#_Toc514342131)

[4.1 无线设备指纹识别概述 24](#_Toc514342132)

[4.2 设备识别分类器 24](#_Toc514342133)

[4.2.1 随机森林 24](#_Toc514342134)

[4.2.2 支持向量机 25](#_Toc514342135)

[4.2.3 K最近邻 26](#_Toc514342136)

[4.2.4 朴素贝叶斯 27](#_Toc514342137)

[4.3 评估方法 28](#_Toc514342138)

[4.3.1 数据集 28](#_Toc514342139)

[4.3.2 训练和测试过程 28](#_Toc514342140)

[4.3.3 评估指标 29](#_Toc514342141)

[4.4 实验结果与分析 30](#_Toc514342142)

[4.4.1 实验1：设备识别实验结果与分析 30](#_Toc514342143)

[4.4.2 实验2：特征空间变化对识别效果的影响 31](#_Toc514342144)

[4.5 本章小结 35](#_Toc514342145)

[5 无线设备指纹识别原型系统的开发与实现 37](#_Toc514342146)

[5.1 原型系统需求分析 37](#_Toc514342147)

[5.2 原型系统架构设计 39](#_Toc514342148)

[5.3 原型系统实现 40](#_Toc514342149)

[5.3.1 流量数据捕获模块 40](#_Toc514342150)

[5.3.2 特征指纹形成模块 41](#_Toc514342151)

[5.3.3 无线设备识别模块 42](#_Toc514342152)

[5.3.4 指纹库更新模块 44](#_Toc514342153)

[5.3.5 Web服务器端开发 45](#_Toc514342154)

[5.4 原型系统功能测试 48](#_Toc514342155)

[5.4.1 流量数据捕获模块功能测试 48](#_Toc514342156)

[5.4.2 特征指纹构建模块功能测试 49](#_Toc514342157)

[5.4.3 无线设备识别模块功能测试 51](#_Toc514342158)

[5.4.4 指纹库更新模块功能测试 52](#_Toc514342159)

[5.5 本章小结 53](#_Toc514342160)

[6 结论与展望 54](#_Toc514342161)

[6.1 论文工作总结 54](#_Toc514342162)

[6.2 不足与展望 55](#_Toc514342163)

[致 谢 56](#_Toc514342164)

[参考文献 57](#_Toc514342165)

[攻读学位期间取得的研究成果 60](#_Toc514342166)

声明