

基于单向循环列表的公交自动报站算法

彭可, 阳领, 郭启明, 冯准, 郑怀朋
(湖南师范大学 工程与设计学院, 湖南长沙 410081)

摘要:针对当前公交自动报站算法大多需要人工确认公交车辆上下行方向以及车辆突然跨站或调头导致的报站错误等问题,设计了一种基于单向循环列表的新型公交车辆全自动判定及报站算法。该算法充分考虑了公交车辆往复运行的规律,结合了各公交站点之间按前后顺序排列的内在联系,去除了传统公交车自动报站算法中的上下行概念。该算法无需依赖定位信息中的方位角信息,采用单向循环列表存储公交往返线路的全部站点信息,并结合周期性的全局搜索定位方式进行公交站点的匹配计算。该算法可以实现全自动公交车辆进出站预报和报站,无需人工判断公交车辆行驶方向,极端情况下出现站点信息错报或漏报时能够快速自动恢复至正常报站状态,且不会出现累积报站误差。

关键词:自动报站;单向循环列表;全局搜索;站点匹配;进站判定;出站预报

中图分类号:TP301.6

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2016)12-0148-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2016.12.032

Algorithm of Automatic Bus-station Broadcasting System Based on Unidirectional Circular List

PENG Ke, YANG Ling, GUO Qi-ming, FENG Zhun, ZHENG Huai-peng
(College of Engineering and Design, Hunan Normal University, Changsha 410081, China)

Abstract: A new algorithm for automatic bus-station broadcasting system based on unidirectional circular list is proposed to solve the problems such as the determination of bus direction and the station skip or unexpected U-turn in current automatic broadcasting algorithms. Both the reciprocating operation pattern of buses and the internal unidirectional cyclic sequence of bus stations are taken into consideration. So the concept of bus up and down direction is replaced by the unidirectional circular list, which stores the bus stations information. Also the periodic global search is adopted in the new algorithm to match the correct bus station. This algorithm is applied to realize bus automatic station forecasting and broadcasting without direction determination. The bus-station broadcasting recovers to normal status rapidly even in malfunction cases, and there is no accumulated error.

Key words: automatic station broadcasting; unidirectional circular list; global search; station matching; approaching judgment; departure forecasting

0 引言

随着城市公交车智能化^[1]需求的日益增长,国内各城市的公交车自动报站系统进入了快速研发和应用的阶段,然而目前的自动报站设备及各类自动报站算法^[2]依然存在着诸多缺陷。各类现有的自动报站算法大多需要依赖于人工确认车辆行驶方向,采用连续上行和连续下行^[3]计数的判断方法进行报站,但是这类算法对系统控制器处理能力要求较高。目前,GPS技术仍是国内各城市的公交车自动报站设备^[4]应用最广泛的定位技术。一些算法利用GPS数据携带方位角信息这一特性来判断车辆行驶方向,在一定程度上降

低了自动报站的误报率。但是GPS模块发送数据的稳定性有限,某些情况下定位数据中并不携带^[5]方位角信息,这就导致依赖方位角信息来判读车辆行驶方向的算法容易发生误判。

针对上述公交报站设备终端算法存在的缺陷^[6],文中设计了基于单向循环列表的公交自动报站算法。该算法只依赖于经纬度数据^[7]并且不涉及方位角等的计算,从而减少了算法的时间复杂度^[8]。另外,文中提出的算法利用单向循环列表存储站点信息,从而摒弃了车辆上下行^[9]概念,并解决了因车辆突然跨站或调头而造成的误报问题。该算法适用基于北斗系统或者

收稿日期:2016-01-14

修回日期:2016-04-20

网络出版时间:2016-09-19

基金项目:湖南省自然科学基金资助项目(11JJ3080);湖南省高校产业化培育项目(11CY012)

作者简介:彭可(1973-),男,教授,博士后,研究方向为网络化控制、实时嵌入系统、DSP控制系统等。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20160919.0842.060.html>

其他实时定位技术的全自动判定及报站。

1 自动报站算法设计与分析

文中提出的公交全自动报站算法的主要特点在于摒弃了传统的公交车上下行概念,采用了单向循环列表来依次存储上下行全部站点信息,并采用全局搜索^[10]进行站点匹配计算。文中自动报站算法需要解决的关键问题包括:线路站点信息配置、可能到达站点匹配、进站判定及报站、出站判定及预报。

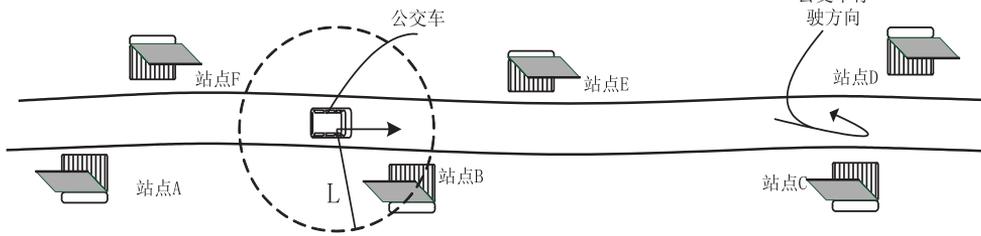


图1 公交车实际路线情况

单向循环列表中包含了各个站点对应的站号、站点名称、站点经纬度等信息,将上述站点数据存储在报站设备终端的存储模块内,其在存储设备中的组织形式构成单向循环列表,如表1所示。实际运行过程中,公交车的站点路线为形成单向循环的 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow A$ 。

表1 站点数据单向循环列表

站号	站名	纬度	经度	循环方向
1	A	站点A纬度	站点A经度	
2	B	站点B纬度	站点B经度	
3	C	站点C纬度	站点C经度	
4	D	站点D纬度	站点D经度	
5	E	站点E纬度	站点E经度	
6	F	站点F纬度	站点F经度	

文中所提算法采用本地配置和远程配置^[13]相结合的数据列表来实现信息配置:当公交车报站设备终端初始化时,使用本地配置方式来存储包含公交线路各站点信息的单向循环列表;在公交车运行过程中突发路线变更时,则采用远程配置的方式来更新报站设备终端中的单向循环列表。

1.2 可能到达站点匹配

文中算法设定报站设备终端按固定时间周期 T 接收实时定位数据信息,并从中筛选出有效的数据信息进行拆解。也就是说,公交报站设备终端的默认状态是周期性的站点匹配判定状态。当公交车速度 $V \neq 0$ 时,设备终端保存位置信息从而获取公交车的当前位置。周期 T 、距离值 L 、公交车行驶速度 V 应当满足: $V \times T \leq 2L$,即确保公交车经过任意站点时以设定周期 T 进行计算和判定。为了准确匹配可能到达

1.1 线路站点信息配置

根据车辆只能靠右行驶(某些国家为靠左行驶)的原则,由于公交车运行具有往复^[11]的特征,往返路线中任意一个独立的站点都可以看成另一个站点的前站或后站。文中所提算法中将传统的公交车上行和下行的概念转化为单向循环的方式,即按照公交车实际正常行驶所经过的站点次序,将公交线路上所有站点依次编号^[12]排列形成一个单向循环列表,公交车实际路线情况如图1所示。

的站点,该算法规定任意时刻公交车当前位置与单向循环列表中站点位置之间线性距离为 L_d ,当有至少连续周期的两次判定均能满足 $L_d < L$ 时,该站点满足可能到达站点匹配。考虑公交车运行速度的正常范围,设定周期 T 的取值范围为 $0.5 \sim 5$ s;设定距离值 L 的取值范围为 $10 \sim 60$ m。

按周期 T 对所获取的 L_d 进行测算,根据站点实际分布状况,大部分匹配结果都只有一个站点符合要求,而当往返路线对应站点距离较近时则可能出现两个满足条件的站点。进一步计算并记录单向循环列表中该可能到达站点的下一站点与所述公交车的当前位置之间的线性距离,设为 L_{d+1} 。

1.3 进站判定及报站

上一节中提到,公交车在行驶过程中可能匹配到1个或2个拟到达站点。当只匹配到1个站点时,该站点即为当前进站站点。当匹配到2个站点时,其中有一个点为对应往返路线站点,那么在公交车行驶过程中,其单向循环列表中的下一站点与当前车辆位置距离 L_{d+1} 值在连续两个周期 T 内将呈增长趋势,而当前进站站点的 L_{d+1} 应该呈递减趋势。所以,在匹配到2个站点的情况下,对满足 $L_d < L$ 的站点结合各自 L_{d+1} 值趋势进行判定,选出的有且仅有一个可能到达站点即为当前进站站点。文中算法规定,当前进站站点匹配完成后,将连续两个周期内的后一次记录中满足 $L_d < L$ 的可能到达站点及 L_{d+1} ,分别替换前一次的记录进行保存,为下次报站判定做准备。

从上述分析可知,每个周期的站点匹配计算可能存在多种结果,并且需要排除车辆突然跨站或掉头而导致的误差。因此,在当前进站站点求取过程中,必须

判定和丢弃不符合单向循环排列的逆向^[14]或虚假站点。

由于前、后两个周期所求取匹配的可能到达站点都可为 1 个或 2 个,文中算法设置了 fro_1、fro_2 分别存储上一周期站点匹配所得的第一个和第二个可能到达站点的站号;D_fro_1、D_fro_2 分别存储上一周期的公交车辆位置与这两个可能到达站点在单向循环列表中下一站点之间的线性距离;cur_1、cur_2 分别存储当前周期的站点匹配所得第一个和第二个可能到达站点的站号;D_cur_1、D_cur_2 分别存储当前周期的公交车辆位置与可能到达站点在单向循环列表中下一站点之间的线性距离。因此总共可能存在四种不同情况,对其是否符合单向循环排列的判定如下:

(1)前后两个周期都只匹配到一个可能到达站点。此时,比较匹配站号是否相同;若相同且前后周期距离满足递减规律,则认为该匹配站号所对应的站点为车辆当前进站站点。即比较 fro_1 与 cur_1 是否相同;若相同且满足距离 D_{cur_1} 小于 D_{fro_1} ,则认为 fro_1 所对应的站点为车辆当前进站站点。其搜索流程如图 2 所示。

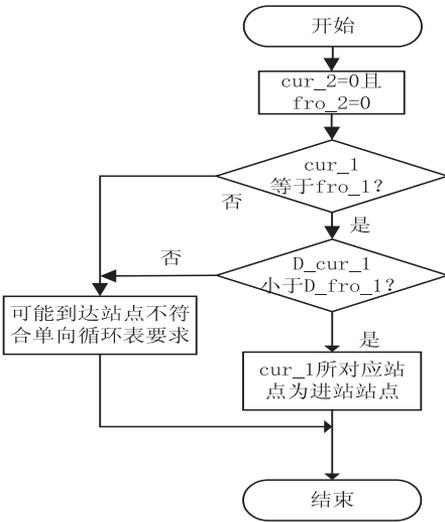


图 2 站点搜索情况 1 流程图

(2)前一周期匹配到一个可能到达站点,后一周匹配到两个可能到达站点。后一周中的两个可能到达站点中必有一个与前一周期匹配站点一致,此时若前后两个周期中所得 L_{d+1} 值呈递减趋势,则该一致站点即为车辆当前进站站点,否则认为后一周期的另一匹配站点为当前进站站点。即先比较 fro_1 与 cur_1 是否相同,若相同则比较距离 D_{cur_1} 与 D_{fro_1} 的大小,若 D_{cur_1} 小于 D_{fro_1} 则认为 cur_1 所对应的站点为车辆当前进站站点,否则认为 cur_2 所对应的站点为车辆当前进站站点;若 fro_1 与 cur_1 所记录的站号不同,则再比较距离 D_{cur_2} 与 D_{fro_1} 的大小, D_{cur_2} 小于 D_{fro_1} 则认为 cur_2 所对应的站点为车辆

当前进站站点,否则认为 cur_1 所对应的站点为车辆当前进站站点。其搜索流程如图 3 所示。

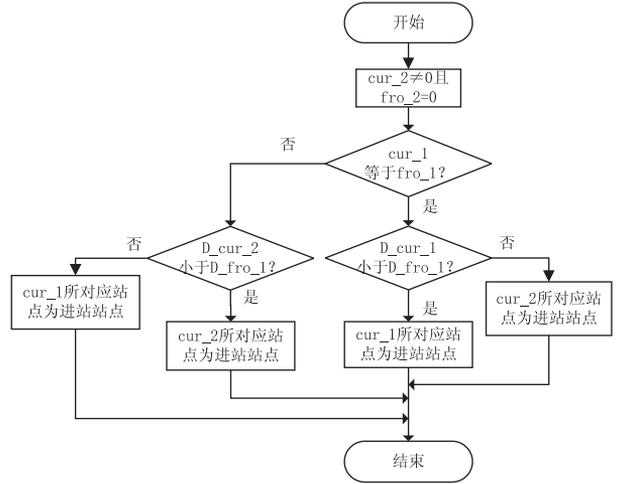


图 3 站点搜索情况 2 流程图

(3)前一周期匹配到两个可能到达站点,后一周匹配到一个可能到达站点。前一周期中的两个可能到达站点中必有一个与后一周匹配站点一致,此时若前后两个周期中所得 L_{d+1} 值呈递减趋势,则该一致站点即为车辆当前进站站点,否则认为前一周期的另一匹配站号为当前进站站点。即先比较 fro_1 与 cur_1 是否相同,若相同则比较距离 D_{cur_1} 与 D_{fro_1} 的大小, D_{cur_1} 小于 D_{fro_1} 则认为 fro_1 所对应的站点为车辆当前进站站点,否则认为 fro_2 所对应的站点为车辆当前进站站点;若 fro_1 与 cur_1 所记录的站号不同,则再比较距离 D_{fro_2} 与 D_{cur_1} 的大小,若 D_{cur_1} 小于 D_{fro_2} 则认为 fro_2 所对应的站点为车辆当前进站站点,否则认为 fro_1 所对应的站点为车辆当前进站站点。其搜索流程如图 4 所示。

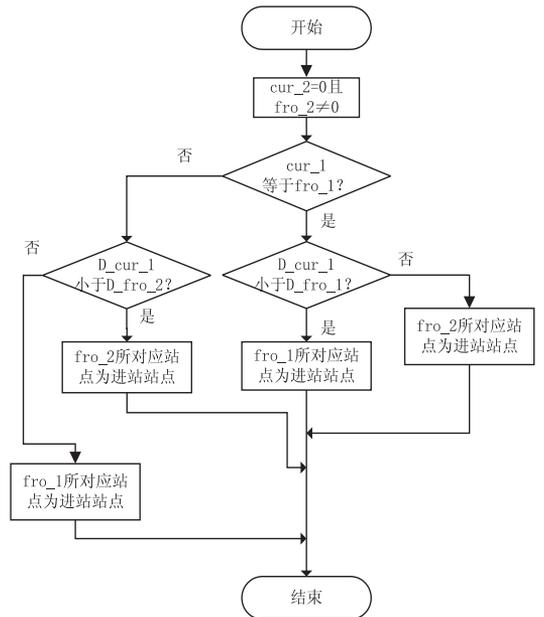


图 4 站点搜索情况 3 流程图

(4)前一周期匹配到了两个可能到达站点,后一周也匹配到了两个可能到达站点。这种情况下,前后两周期匹配到的两个站号应互相对应。首先比较其中一个对应匹配站点在前后两个周期中所得 L_{d+1} 值,若呈递减趋势则认为该匹配站点为当前进站站点,否则认为另一对应匹配站点为当前进站站点。即先比较 fro_1 与 cur_1 是否相同,若相同则比较距离 D_{cur_1} 与 D_{fro_1} 的大小, D_{cur_1} 小于 D_{fro_1} 则认为 cur_1 所对应的站点为车辆当前进站站点,否则认为 cur_2 所对应站点为车辆当前进站站点;若 fro_1 与 cur_1 所记录的站号不同,则再比较距离 D_{cur_1} 与 D_{fro_2} 的大小,若 D_{cur_1} 小于 D_{fro_2} 则认为 fro_2 所对应站点为车辆当前进站站点,否则认为站号为 fro_1 所对应站点为车辆当前进站站点。其搜索流程如图 5 所示。

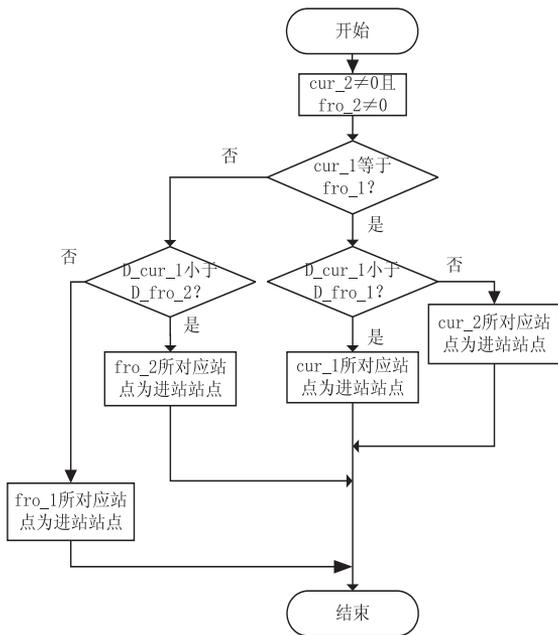


图 5 站点搜索情况 4 流程图

如果上述(1)~(4)情况中的判定条件均不满足,则所求取的可能到达站点是逆向或虚假站点,不进行进站报站。

1.4 出站判定及预报

文中所提算法规定,通过进站判定确定当前进站站点之后,继续以设定周期 T 计算所接收到的公交车当前位置与已确定的当前进站站点之间的线性距离。当所计算的不再小于设定距离值 L 时,将单向循环列表中的下一站点设置为预报站点,进行出站预报。为避免下一次的进站站点误判,还需将前后两次记录的满足小于设定距离值 L 的可能到达站点及下一站点与公交车当前位置之间的线性距离清除。将公交线路所有站点按照所述单向循环列表方式存储后,公交车出站的预报站点必将是当前进站站点在单向循环列表中的下一个站点。

2 实验结果分析

为了验证文中公交自动报站算法的可行性和有效性,利用基于北斗定位模块 UM220 和 3G 通信模块 EM770W 的嵌入式智能公交信息发布系统进行实际公交线路报站测试,系统终端主控 MCU 为 STM32F107VCT6,采用 VS1003 音频解码模块进行相应站点的语音播报。截取某实际公交线路的一段作为公交报站测试路线,装载了嵌入式智能公交信息发布系统终端的车辆依次经过 1 号至 12 号实际公交站点。其中 1 号和 12 号站点、2 号和 11 号站点、3 号和 10 号站点互为实际公交线路对应往返站点。测试环境变量设置如下:车辆运行速度 $V = 40$ km/h,距离值 $L = 50$ m,周期 $T = 2$ s。

目前阶段的自动报站算法大多需要在人工确认车辆行驶方向后才能较好工作,且基本无法自行修复公交车任意调头和跨站后产生的报站问题,对文中所提公交自动报站算法的测试主要集中在验证是否能够解决上述车辆上下行、调头跨站相关问题:

首先假定 1 号站点为实际公交线路端站点,此时可默认 12 号站点与 1 号站点为同一站点。现有的公交自动报站算法在未经人工确认车辆上下行方向的前提下,GPS 数据匹配到端站点位置信息后系统可能默认此次线路运行结束,导致车辆开往 2 号站点时,系统无法准确寻址存储模块内的站点信息从而无法正确报站。文中所提出的算法采用单向循环列表方式存储往返全部站点信息,不存在无法准确寻址的问题。测试车辆从 1 号站点开往 2 号站点过程中,由于 2 号站点与 11 号站点十分接近,北斗定位数据在两次搜索周期内匹配到两个站点信息,此时算法按照 1.3 小节中第四种情况进行站点搜索,测试结果显示该算法能够有效解决上下行问题并准确对 2 号站点进行报站。

测试车辆从 4 号站点出站后不按原路线行驶,而是调头返回运行,此时车辆并未抵达终点站,跨站的情况也包含其中。在有上下行概念的现有公交自动报站算法中,这种情况下只会去匹配原有方向的其他站点,而无法匹配到返回的站点,从而导致误报或者不报站。文中所提出的算法不仅采用循环列表存储全部站点信息,且采用实时全局搜索方式进行站点匹配计算,全匹配的站点搜索方式对以前的报站状态是无关联性的,车辆的位置状态信息的刷新速度要远快于车辆的运行速度。也就是说,该算法在匹配 10 号站点时只依赖连续两次实时接收的车辆位置数据,在站点匹配过程中将公交车的实际位置与预存的所有站点进行全匹配,测试结果显示该算法能够在车辆突然调头的情况下对 10 号站点进行准确报站。后续的站点判断则与正常行驶过程中的报站判断一致。

根据实际测试结果可知,文中所提出的算法适用于基于北斗或者其他实时定位技术的全自动判定及报站,能够较好地解决公交车自动上下行判断的问题,且在公交车临时调头的情况下能够实现报站恢复,具备较好的纠错能力。

3 结束语

结合公交车辆往复运行的规律,文中提出一种基于单向循环列表的新型公交全自动报站算法。算法采用单向循环列表存储公交往返路线全部站点信息,从而达到了无需判断公交车行驶方向的效果,减少了公交司机的工作量;通过周期性的全局搜索进行站点匹配计算,解决了公交车突然调头或跨站后出现的自动报站问题,避免了累积误报。该算法经过理论分析和实验验证,具有一定的可行性和有效性。

参考文献:

[1] 杨再龙,赵仁冉,肖明,等.基于GPS的公交自动报站系统设计[J].科技信息,2010(12):236-237.
 [2] 彭可,周敏,邵添,等.一种公交全自动报站方法:CN,201410077708.7[P].2014-03-05.
 [3] 张国华,黎明,王静霞.智能公共交通系统在中国城市的应用及发展趋势[J].交通运输系统工程与信息,2007,7(5):24-30.
 [4] Ezell S. Explaining international IT application leadership: in-

(上接第 147 页)

Or 字符串匹配算法。实验中,通过一台计算机产生数据帧,数据帧通过千兆以太网模块传给 FPGA,在 FPGA 中完成字符串匹配。通过实验验证,结果与理论相符,达到了在千兆以太网下线速实现字符串匹配的目标。

参考文献:

[1] 于静.面向 Web 应用的安全服务器网卡的研究与设计[D].济南:济南大学,2010.
 [2] 郑庆良,张翔,杨莹.网络服务器模型分析与实现[J].杭州电子工业学院学报,2004,24(4):95-98.
 [3] 黄建.入侵检测系统中字符串匹配算法与实现[D].武汉:华中科技大学,2008.
 [4] Fisk M, Varghese G. An analysis of fast string matching applied to content-based forwarding and intrusion detection[R]. San Diego: University of California, 2002.
 [5] Knuth D E, Mooris J H, Pratt J V R. Fast pattern matching in strings[J]. SIAM Journal on Computing, 1977, 6(2): 323-

telligent transportation systems[C]//Proceedings of IOP conference series: materials science and engineering. [s. l.]: [s. n.], 2010.
 [5] 李耀,昂志敏,李敏杰,等.基于3G车载移动终端的GPS定位系统设计[J].微型机与应用,2012,31(23):51-54.
 [6] 王波.基于GPS/BD2和行驶记录信息的车辆监控终端设计与实现[D].杭州:浙江工业大学,2012.
 [7] 马丽芳.基于北斗和GPRS车载终端的设计与研究[D].西安:西安科技大学,2013.
 [8] Senatore S. Special issue on knowledge-intensive fusion for context awareness[J]. Journal of Ambient Intelligence & Humanized Computing, 2013, 4(4): 409-410.
 [9] Kawai K, McDonald D T. Computer-implemented system and method for identifying duplicate and near duplicate messages: US, US8914331[P]. 2014.
 [10] 刘前刚. GPS 定位算法及其在智能公交中的应用[D].长沙:湖南大学,2009.
 [11] 张伟.基于GPS和移动互联网的城市公交监管系统设计与研发[D].长沙:湖南师范大学,2012.
 [12] 彭勇.基于GPS的公交自动报站算法研究[J].通信技术,2009,42(11):211-213.
 [13] Razzaque M A, Ahmad S S, Cheraghi S M. Security and privacy in vehicular ad-hoc networks: survey and the road ahead[M]//Wireless networks and security. Berlin: Springer, 2013: 107-132.
 [14] 薛盛可,徐晋鸿,徐晓霞,等.基于GPS的校车自动报站系统设计[J].电子技术与软件工程,2014(10):132.

350.
 [6] Boyer R S, Moore J S. A fast string searching algorithm[J]. Communications of the ACM, 1977, 20(10): 762-772.
 [7] 邱庆哲.入侵检测系统中检测引擎的研究与实现[D].武汉:华中科技大学,2007.
 [8] 王诚,吴继华. Altera FPGA/CPLD 设计[M]. 北京:人民邮电出版社,2005.
 [9] Navarr G. 柔性字符串匹配[M]. 中科院计算所网络信息安全研究组,译.北京:电子工业出版社,2007:15-20.
 [10] 孙鹏,董玉华,韩正之.基于数据链路层的局域网流量统计的实现[J].计算机工程与应用,2002,38(5):150-152.
 [11] 王长清,张素娟,蒋景红.基于以太网帧的嵌入式数据传输方案及实现[J].计算机工程与设计,2011,32(6):1952-1956.
 [12] Salamon S, Maxmell W M. Storage of ram semen[J]. Animal Reproduction Science, 2000, 62(1-3): 77-111.
 [13] Kilt S. 高级FPGA设计:结构、实现和优化[M].孟宪元,译.北京:机械工业出版社,2009.
 [14] 李桂华,孙仲林,吉利久. CMOS 锁相环 PLL 的设计研究[J]. 半导体杂志, 2000, 25(3): 30-37.