



基于云计算平台的手写识别系统

何 聪,金连文,周贵斌

(华南理工大学电子与信息学院 广州 510640)

摘要

本文利用 Enomaly 虚拟云架构技术设计了一个云手写识别系统,除了提供高准确率的识别功能外,同时使得倾斜书写识别、用户自适应识别等需要高计算及存储资源的功能实现成为可能。实验结果表明,传统 C/S 模式的传统服务器在用户并发数为 300 时处理能力已经达到极限,而采用基于云计算架构的手写识别系统能轻松处理 1 000 个并发用户的服务请求,在处理 300 个并发用户时,接入率为 100%,远高于传统服务器模式的接入率(82.7%),平均识别处理时间仅为 16 ms,大大低于传统服务器模式的处理时间(340 ms)。

关键词 云计算;手写识别;手写输入法;Android

1 引言

随着科技的飞速发展,智能手机、PDA 和平板电脑等移动终端的应用已经越来越广泛。随着触摸屏的广泛使用,加之手写识别技术的高速发展,移动终端的输入形式不再局限于键盘形式,手写输入也逐渐流行起来。近年来,许多学者在手写文字识别领域付出了重大的努力并获得了许多优秀成果^[1-5]。当前移动终端受硬件性能限制,一些高准确率的手写识别算法对计算量和存储量的要求过高^[5],在实际应用中遇到了瓶颈。通常,为了能够在移动终端上应用手写识别技术,无论是使用较为简单的识别分类器,还是对复杂程度较高的分类器进行压缩以降低对硬件要求,都意味着要以牺牲准确率为代价。

最近,云计算的提出,使得超级计算能力通过互联网自由流通成为了可能,并为各种应用开创了一种崭新的应用模式,逐渐发展成为一种网络应用趋势。超级计算机应用因需要非常昂贵的硬件投入而面临极高的推广门槛,云

计算则通过互联网将普通的个人计算机和标准服务器结合成计算机机群,宣告了低成本提供超级计算服务的可能。用户在任何时间、任何地点,用任何可以连接至互联网的终端设备访问“云”即可获得所需的服务。

借助于云计算技术,本文提出了一种移动终端进行手写识别的全新应用模式。通过云平台,建立一个基于网络的云手写识别系统,并通过无线网络为移动终端提供高准确率识别、倾斜书写识别和用户自适应等手写识别服务。基于网络的服务,其主要的优点有:识别准确率不再受到硬件性能的约束而可以达到比较高的水平;倾斜书写识别和用户自适应等个性化功能的推广应用变得可行;免去了用户设备不停升级的代价和麻烦。区别于普通 C/S 模式的系统,我们之所以利用云计算技术,一方面是通过云计算技术能够将已有的个人计算机和普通服务器结合起来,能够以较低的成本获得等同于超级计算机的计算能力,而不需要一次性进行昂贵的硬件投入;另一方面是借助虚拟化、负载均衡等技术,云服务器能够根据用户的接入需求

动态地分配计算资源,“云”的规模也可以动态伸缩以满足用户规模增长的需要。本手写识别系统的云服务器基于 Enomaly^[6] 虚拟云架构 (community edition), 客户端基于 Google Android 平台^[7]。客户端在手写输入完成后, 将手写笔迹通过无线网络发送到云服务器, 所有的识别处理工作都在云服务器上完成, 识别结果再通过网络返回给客户端。通过不断提高云服务器的处理能力, 进而减少了移动终端的处理负担, 最终使用户终端简化成为一个单纯的输入输出设备, 并能按需享受“云”的超级计算处理能力。

2 系统框架

本文提出的云手写识别系统的框架如图 1 所示。客户端安装在基于 Google Android 平台的移动终端上 (同样客户端也可扩展到 Windows Mobile、MAC OS x 等其他平台上), 主要分为候选字视图 (用来显示识别结果)、手写区和功能键盘三部分。用户在手写区书写后, 书写笔迹通过 2.5G、3G、Wi-Fi 等无线网络传输到云计算服务器端进行识别处理。

服务器端是基于 Enomaly^[6] 虚拟云架构的, 通过云计算技术将多台普通的个人计算机和标准服务器 (统称计算节点) 以及存储设备利用网络结合起来组成超级计算机集群。每个客户端的接入及识别操作透过网络分配到不同的计算节点进行处理, 结果通过网络回传给客户端。云服务器提供了强劲的处理能力, 进而减少了客户端的处理负担, 使得用户终端简化为一个单纯的输入输出设备, 却依然能获得较高准确率的识别和其他个性化的识别服务。借助 3G、Wi-Fi 等高速无线网络, 移动终端和云服务器之间数据传输所需的时间非常小, 用户难以感觉到明显的延时。

3 系统设计

本系统主要涉及 Google Android 平台的客户端、云计算服务器和手写文字识别三个方面。

3.1 基于 Enomaly 平台的云服务器

云计算是以虚拟化技术为基础, 以网络为载体提供基础架构、平台、软件等服务为形式, 整合大规模可扩展的计算、存储、数据、应用等分布式计算资源进行协同工作的超级计算模式^[8]。云计算是并行计算 (parallel computing)、分布式计算 (distributed computing) 和网格计算 (grid computing) 的发展, 或者说是这些计算机科学概念的商业实现。云计算是虚拟化 (virtualization)、效用计算 (utility computing)、IaaS (基础设施即服务)、PaaS (平台即服务)、SaaS (软件即服务) 等概念混合演进并跃升的结果^[8-10]。云计算旨在通过网络把多个成本相对较低的计算实体整合成一个具有强大计算能力的完美系统, 并借助 SaaS、PaaS、IaaS、MSP 等先进的商业模式把这强大的计算能力分布到终端用户手中。云计算是一种共享基础架构的方法, 可以将巨大的系统池连接在一起以提供各种服务。本文采用了一种简化的云计算架构, 其系统结构示意图如图 2 所示。

为了获得强大的并发计算能力和存储能力, 本系统使用 Enomaly 平台^[6] 搭建了手写识别的服务器。云平台将多台虚拟机和物理机 (统称计算节点) 以及存储器连接在一起, 能够有效地支持平行扩展。系统透过网络, 采用请求分派机制 (如图 3 所示) 将庞大的用户接入自动分配到各个计算节点进行处理。系统根据负载和计算节点性能等情况来决定用户的分配策略, 这有利于合理地分配计算资源, 能够在大量用户并发访问时依然保证快速的处理能力

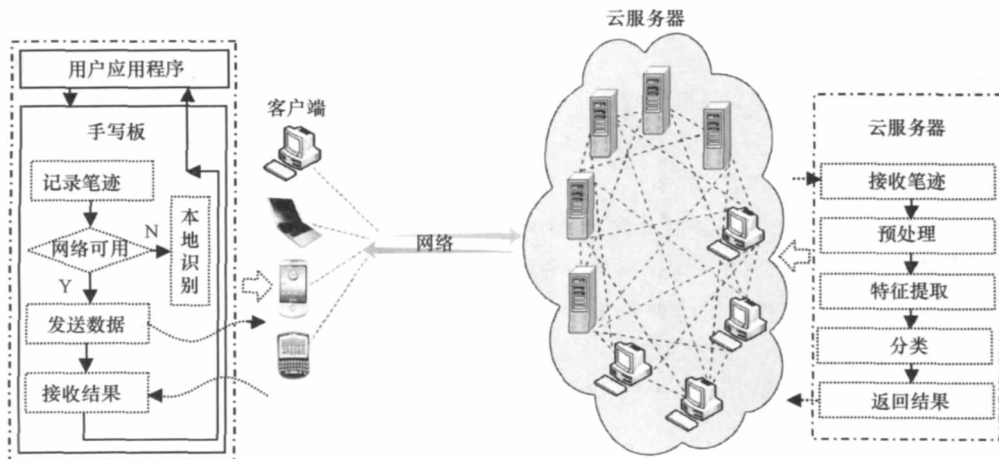


图 1 云手写识别系统框架

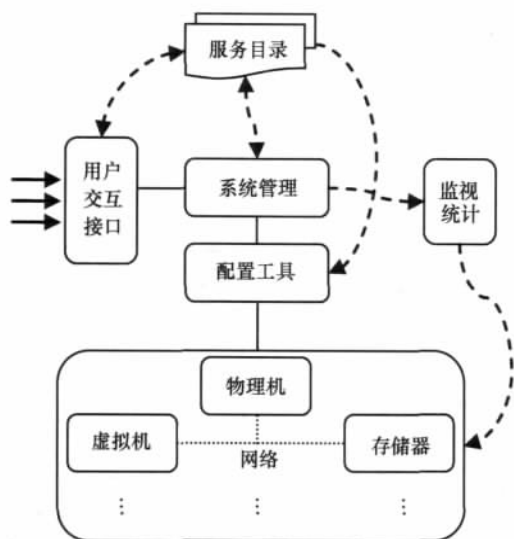


图2 简化的云计算实现系统结构

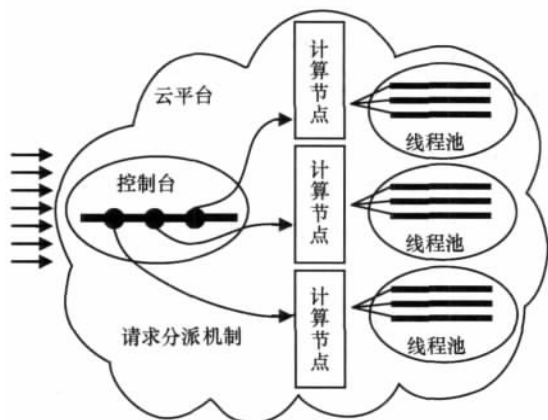


图3 系统请求分配机制示意

输入法继承“android.app.Service”API的输入法后台服务，主要分为输入视图(包括手写区和键盘)和候选字视图两部分。其他应用程序需要进行输入时，系统会自动激活输入法。为了实现自定义的输入视图，必须重新实现IMF提供的“onCreateInputView()”方法并实现新的输入视图。在输入视图中，通过重写“onTouchEvent”方法，实现手写笔迹的捕捉和显示。同样，为实现自定义的候选字视图，需重写“onCreateCandidatesView()”方法并实现新的视图。

3.3 手写文字识别

手写文字识别主要包括预处理、特征提取和分类三个步骤，其流程如图4所示。本系统采用具有良好性能的8方向特征^[2]作为识别特征，获得8方向特征后，先进行降维，然后使用两个LDA(线性鉴别分析)粗分类器对其进行粗分类，最后再用MQDF(改进二次判决函数)分类器进行精确分类^[3,5]。本文使用的MQDF分类器克服了负特征向量的偏差影响，从而提高了分类性能，其具体形式为：

$$g_i(x, \omega_i) = \frac{1}{\delta_i} \left\{ \|x - \mu_i\|^2 - \sum_{j=1}^K (1 - \frac{\delta_j}{\lambda_j}) [\phi_j^T (x - \mu_i)]^2 \right\} + \sum_{j=1}^K \lg \lambda_j + (D - K) \lg \delta_i \quad (1)$$

其中， K 为主特征向量的维数，参数 δ_i 可设为类别无关的常数^[4,5]。

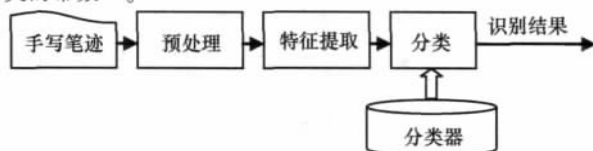


图4 手写文字识别流程

利用上述方法训练所得的MQDF分类器需要的存储量较大(对于国标GB2312-80字库，通常需要140MB以上的存储空间)，因而不能直接适用于移动终端，而在云服务器上实现却非常容易。

本文还在云平台服务器端实现了一个需要较大计算及存储资源的旋转无关联机手写识别算法^[12]。

4 系统实现及性能分析

本节将通过图示说明本系统的实现效果，并通过一系列的实验和测试说明系统的性能。

4.1 系统界面图示

客户端的手写输入视图分为普通模式和全屏模式两种(如图5所示)，它们除了在外观上和书写区域范围不同外，其内部实现机制和识别流程是相同的。服务器运行在

和良好的服务。计算节点依据自身情况将请求转交给本机线程池中合适的线程处理。线程池中的每个线程独立处理一个连接，完成相关的识别工作并将结果返回给对应的客户端。线程池技术的使用，避免了直接从操作系统申请内存所造成的内存碎片现象，确保了服务长期运行的稳定性。

3.2 基于Google Android平台的客户端

由Google公司牵头，多家手机设备制造商、软件公司、半导体厂商等组成的开放手机联盟于2007年11月12日对外发布新一代开源的智能手机操作系统——Android^[11,12]。系统自发布以来，由于其开放性以及所提供的强大SDK开发包和大量的API(应用程序接口)，Android系统受到了广大开发者的热捧。

根据Android系统提供的输入法框架(IMF)，本文的



(a)普通模式 (b)全屏模式

图5 客户端的手写输入视图



图6 系统服务器界面

云平台上,它可以监测具体的某个连接的具体信息,其界面如图6所示。

4.2 实验及结果分析

本文从手写识别分类器的性能、多用户同时接入时的整体性能两部分进行实验来评价系统的性能。

4.2.1 手写识别分类器性能分析

为了测试系统服务器端所用的手写识别分类器的性能,我们采用60套国家863联机手写汉字样本评测数据库作为样本进行测试,每套测试样本均包括3755类GB1汉字和3008类GB2汉字。实验结果见表1。

表1 手写识别性能表

字符集	工笔	连笔	平均
准确率	98.4%	96.5%	97.45%

从表1可以看出,本系统使用的MQDF分类器,能够获得较高的识别准确率。工整手写汉字的识别准确率在98%以上,连笔手写汉字的识别准确率也达到96.5%。但是,所需的MQDF分类器的存储量超过140MB,难以适用于移动终端,因而利用云计算平台提供服务的模式具有一定的实用价值。

4.2.2 云服务器性能分析

为了测试多用户并发访问时服务器的整体性能,本文设计了一系列的测试实验。实验模拟多个用户同时访问

服务器,然后记录相关参数。表2记录了多个用户并发访问云服务器时的性能参数,并与普通服务器的性能进行了比较。

从表2可以看出,云服务器100、300、500和1000个用户并发访问时的实际接入数均和设定数量相等,也就是说用户的接入率为100%。每个接入识别的平均处理时间分别为0.014s、0.016s、0.019s和0.025s,而90%的用户所需的处理时间分别为0.023s、0.023s、0.032s和0.043s,即大部分的用户所需的处理时间都处于较低的水平,从而说明云服务器能够较好地处理多用户并发访问,通过负载均衡和请求分配机制,能有效地提高每个用户所获得的计算能力。另外,云服务器的平均吞吐量随着用户数量的增多而逐渐增加,这也反映了云服务器可以适应不同规模的用户。从图7可以看出,不同数量规模的用户并发访问云服务器时,各时刻的平均处理时间组成的曲线较为平滑,说明了云服务器具有较好的稳定性,这也确保了移动终端通过网络接入获取所需服务的可靠性。

对于普通服务器,当并发用户数量为100时,每个接入识别的平均处理时间为0.041s,约为云服务器的3倍,90%用户的处理时间为0.123s,超过云服务器的5倍。当并发用户数为300时,超出了服务器的上限,实际接入的用户数量为248个,接入成功率只有82.7%。从图8可以

表2 多个用户并发访问时的相关参数比较

服务器模式	设定并发用户数(个)	100	300	500	1000
云服务器	实际并发用户数(个)	100	300	500	1000
	平均处理时间(s)	0.014	0.016	0.019	0.025
	90%用户处理时间(s)	< 0.023	< 0.023	< 0.032	< 0.043
	平均吞吐量(byte/s)	5811	7003	7334	7706
普通服务器	实际并发用户数(个)	100	248	—	—
	平均处理时间(s)	0.041	0.34	—	—
	90%用户处理时间(s)	< 0.123	< 0.635	—	—
	平均吞吐量(byte/s)	1604	1124	—	—

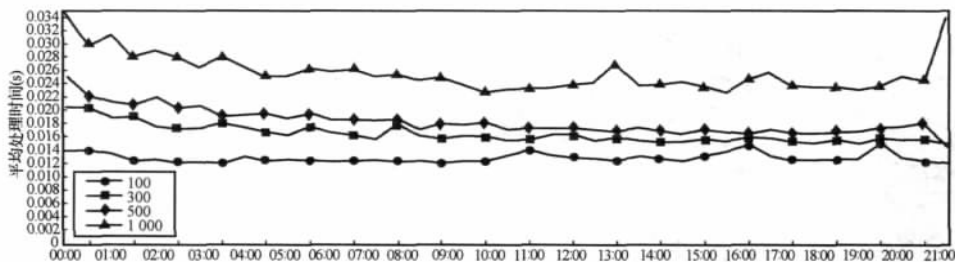


图7 云服务器时多用户并发访问的平均处理时间

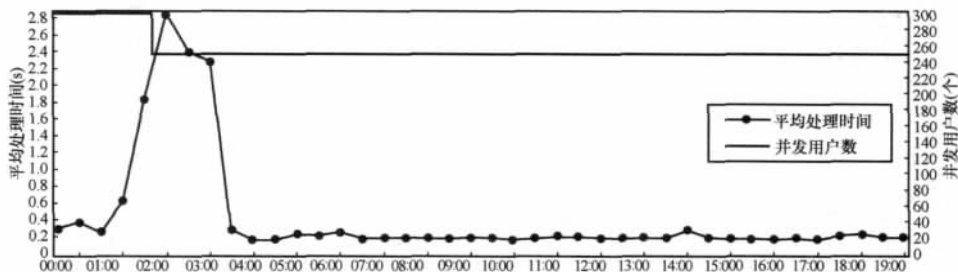


图8 普通服务器 300 个用户并发访问时的平均处理时间

看出,当并发数为 300 时,平均处理时间急剧上升,系统显得不稳定,不能同时处理所有用户,进而导致部分用户接入失败,直到用户数量下降到 248 个时,系统才重新返回较为稳定的状态。这种情况下,平均处理时间为 0.34 s,比云服务器高出 20 多倍,90%用户的处理时间为云服务器的 27 倍多,达到 0.635 s。可见,普通服务器并不能很好地处理大量用户并发访问的情况。

通过上述分析可知,使用云计算技术搭建服务器,通过负载均衡、请求分配等技术,能够获得远远优于普通服务器的性能。云服务器的超级计算能力,为处理大量用户并发获取服务提供了良好的保障性和稳定性,从而大大提高了用户体验性。在实际应用中,只有当用户规模达到十万或百万以上时,才有可能出现过千的并发访问数,因而,目前我们的云服务器有足够的处理能力。另外,当用户规模快速增大时,在云平台中动态增加计算机集群中的设备以提高处理能力变得十分简单,却不会影响已有的服务。

5 结束语

本文提出的新型云手写识别系统,基于 Enomaly 云计算平台搭建的高性能手写识别云服务器通过请求分配机制,将大量并发访问用户的识别处理工作分配到系统中不同的计算节点去完成,再由计算节点将识别结果回传给客户端,从而为客户端提供了高准确率、快速、个性化的手写识别服务。客户端基于 Google Android 平台,界面美观友

好,同时也提供本地识别功能和词组联想功能等,使得用户能够方便、高效地进行手写输入。

实验结果表明了本文提出的云手写识别应用模式的可实施性和可部署性,开创了一种新型的服务应用模式,能够将手写输入从传统模式推向以网络为载体、以服务为核心的新模式。

参考文献

- 1 Liu C L, Jaeger S, Nakagawa M. Online recognition of Chinese characters: the state-of-the-art. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2004,26(2):198~213
- 2 Bai Z L, Huo Q. A study on the use of 8-directional features for online handwritten Chinese character recognition. *ICDAR2005*, 2005
- 3 Kimura F, Takashina K, Tsuruoka S, *et al.* Modified quadratic discriminant functions and the application to Chinese character recognition. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1987,9 (1):149~153
- 4 Liu H, Ding X. Handwritten character recognition using gradient feature and quadratic classifier with multiple discrimination schemes. In: *Proceedings of the 8th ICDAR*, 2005
- 5 Long T, Jin L. Building compact MQDF classifier for large character set recognition by subspace distribution sharing. *Pattern Recognition*, 2008,41(9): 909~913
- 6 Enomaly: elastic / cloud computing platform, <http://www.enomaly.com>
- 7 Developer resources for Google Android, <http://developer.android.com>

- 8 Weiss A. Computing in the clouds. *ACM Networker*, 2007, 11 (4): 16~25
- 9 Lius M, *et al.* A break in the clouds: towards a cloud definition. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 2009, 39 (1): 50~55
- 10 Armbrust M, FOX A, Griffith R, *et al.* Above the clouds: a berkeley view of cloud computing. Berkeley, CA, USA: Distributed Systems Lab, University of California, 2009
- 11 Open Handset Alliance, <http://www.openhandsetalliance.com/>
- 12 Huang Shengming, Jin Lianwen, Jin Lv. A novel approach for orientation free chinese character recognition. In: *ICDAR2009*, Spain, 2009

Handwriting Recognition System Based on Cloud Computing Platform

He Cong, Jin Lianwen, Zhou Guibin

(School of Electronic and Information Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract We design and implement a cloud handwriting recognition system based on enomaly virtualization cloud technology. In addition to providing efficient, high accurate recognition services, our system can support orientation free and user adaptive service, which need high computing and storage resources. Our experiment show that, using traditional C/S model, the server would reached its capacity limit when 300 concurrent users are requesting service. While using cloud-based architecture, our handwriting recognition system can easily handle 1000 concurrent users' request. In dealing with 300 concurrent users, the access rate was 100%, much higher than the traditional C/S model of the access rate (82.7%), the average recognition processing time is only 16 ms, significantly lower than the traditional C/S model of the processing time (340 ms).

Key words cloud computing, handwriting recognition, input method, Android

(收稿日期: 2010-07-15)

·简讯·

MathWorks 发布 2010b 版 MATLAB 和 SIMULINK 产品系列

2010年9月3日, MathWorks 发布 2010b (R2010b) 版 MATLAB 和 Simulink 产品系列。此版本中扩展的工具和功能集包括: MATLAB 中的新通信系统设计功能; 自动化 PID 控制调整; GigE Vision 硬件标准支持; 增强的 Simulink 和 Stateflow 支持创建可重用的模型。R2010b 还引入了 SimRF, 这添加了 RF 接收器基础架构的系统级建模。另外, 该版本还更新了包括 Polyspace 代码验证产品在内的 84 种 MathWorks 产品。

支持高级编程的 MATLAB 更新包括自定义枚举数据类型、64 位整数算术以及一些开发环境增强功能。

R2010b 中的其他 MATLAB 系列重要功能如下。Parallel

Computing Toolbox (并行计算工具箱): 对支持 CUDA 的 NVIDIA 硬件的 GPU 支持, 以加快计算速度。Control System Toolbox (控制系统工具箱): 用于对 PID 控制器进行建模和自动调整的新命令和图形工具。Image Acquisition Toolbox (图像采集工具箱): 使用 GigE Vision 硬件标准的即插即用相机输入。Communications Blockset (通信模块集): 提供用于在 MATLAB 中进行通信系统设计新的系统对象。Fixed-Income Toolbox (固定收益工具箱): 用于抵押贷款组合和信贷违约互换协议的新定价和估价函数。

在 R2010b 中, Simulink 提供了新信号类型和子系统增强功能, 可帮助减少大型模型的模块数量、仿真时间和内存使用率。用于在 Simulink 中捕获设计变异和配置以及在 Stateflow 中创建可重用状态图的新功能, 可帮助团队管理各种设计方案, 并重复利用大型的复杂系统模型。