

基于 HTK 的汉语语音售票系统的设计与实现

Design and Implementation of Chinese Speech Ticketing System Based on HTK

饶耀全 吴小培 吕 钊 (安徽大学计算机智能与信号处理教育部重点实验室, 安徽 合肥 230039)

摘 要

为了解决火车站售票系统处理售票业务效率低、速度慢和低智能化等问题,提出了一种基于 HTK(HMM Tool Kit, 隐马尔科夫模型工具箱)的汉语语音售票系统。详细阐述了基于 HTK 的语音识别等关键技术的基本原理,并给出了系统实现的关键代码。在语音识别测试中,语句级识别正确率为 98.00%;字词级识别正确率达到了 98.67%。实验结果表明所提出的语音售票系统具有较高的可行性与实用性。

关键词: 语音识别, HTK, 售票系统, ATK

Abstract

To solve some problems, such as low-efficiency, low-speed and low-intelligence, which exist in the station ticketing system, a Chinese speech ticketing system based on HTK is presented in this paper. Some basic principles of key speech recognition technologies and key program codes are described. Experiential results reveal that the recognition ratio of statement-level is 98.00% and that of word-level reaches 98.67% in the proposed speech recognition system, which show that the proposed system has a high feasibility and practicality.

Keywords: speech recognition, HTK(HMM Tool Kit), ticketing system, ATK(An Application Toolkit for HTK)

本文介绍的系统在传统火车站售票系统的基础上引入了基于 HTK 的非特定人的连续语音识别技术,使得原来只能靠人工询问、人工输入和人工查询火车票售票情况的繁琐工作,用语音就可以完成。系统采用具有高抗噪性能的话筒作为语音输入设备,用连续语音识别技术识别出输入语音的内容,将识别结果作为原售票系统的输入,从而可直接在显示器上显示出相应的票务信息,不需要人工进行询问和输入相关的车次信息。本系统有效地节省了广大旅客的购票时间和增强了系统控制的智能性、准确性和灵活性。

1 系统组成及原理

基于 HTK 的汉语语音售票系统主要是由语音输入设备、语音识别系统、火车票售票管理系统、显示设备以及火车票打印系统组成。其中,语音输入设备主要用来输入语音;语音识别系统根据输入的语音识别出语音的内容,并以文字的形式存储;火车票售票管理系统用来实时存储和更新火车票票务信息;显示设备用来显示票务信息;火车票打印系统根据相关的票务信息打印火车票。系统原理框图如图 1 所示。

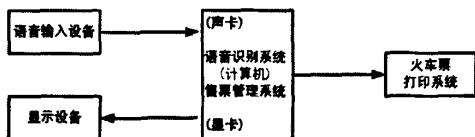


图 1 系统的基本组成框图

系统基本工作过程如下:语音信号首先通过语音采集设备送入 PC 机,然后对其进行端点检测、预加重和加窗分帧等预处理。从而提取出输入语音信号的特征参数并对其建模/识别。为了使系统具有一定的抗干扰能力,系统采用基于人耳听觉的 Mel 频率倒谱系数(MFCC)作为特征参数,同时采用隐马尔可夫模型(HMM)作为声学模型。识别时语音信号的特征参数向量依据单词字典和文法的约束与 HMM 模型进行匹配,输出识别结

果。最后语音识别系统把识别出来的结果输入到火车票售票管理系统中,在显示设备中输出相应的票务信息,并且可以通过火车票打印系统打印出相应的火车票。从而,通过语音识别技术就可以完成火车站售票任务。

2 语音识别系统的设计与实现

汉语语音售票系统主要是基于 HTK 进行设计和开发的并最终通过 ATK (An Application Toolkit for HTK, HTK 应用接口工具箱)在 VS.NET 平台上实现。

2.1 HTK 的基本原理

HTK 是英国剑桥大学开发的一个专门用于建立和处理 HMM 的实验工具包,它是使用 HMM 作为语音识别核心并且可同时支持孤立词语音识别和连续语音识别。HTK 工具包主要是由库程序和工具两部分组成。库程序即 HTK 的软件模块,它是由一系列的 C 函数模块组成,并且是开源的。工具部分调用库程序中的模块,完成相应的某种操作。HTK 功能强大并且还具有很好的可扩充性和可调用性。

HTK 进行语音识别是用其相应的工具调用库函数来完成,一般可分为数据准备、模型训练、识别测试和结果分析四个阶段。

1)数据准备。数据准备阶段是整个识别过程的基础。主要完成语料库的建立,语法定义,字典定义,数据标注和特征提取。

2)模型训练。模型训练是整个识别过程中的关键部分,目的是建立基于 HMM 的拓扑结构。模型初始化、模型优化和建立三音素模型是模型训练中的基本步骤,其中模型优化主要包括修补哑音素模型和重新校准数据。

3)识别测试。HTK 中采用 Hvite(HTK 中的功能实现模块函数,系统通过对它的调用来实现相应的 HTK 功能。其他以 H 开头的工具函数皆同)工具函数来进行识别输出相应的识别结果。

4)结果分析。HTK 中采用 HResults 工具函数来进行结果分析,输出相应的字词级别和语句级别的识别率。

2.2' 系统设计

2.2.1 数据准备

系统中语法采用包含变量的正则表达式形式来定义，如下所示：

```
$name = hefei | nanjing | beijing | shanghai | xian | guangzhou | hangzhou | wuhan | chengdu | tianjin;
$name = dao | qu | wang;
(SENT-START ( $name $do $name) SENT-END)
```

HParse 工具函数将定义好的语法文件 gram 转换为 HTK 可用的底层 SLF 格式网络 wdnnet。

字典采用声韵母音素结构来定义。将以上城市名以声韵母音素结构进行拆分构建字典，字典中部分如下所示：

```
hefei      h e f ei sp
nanjing    n an j ing sp
beijing    b ei j ing sp
shanghai  sh ang h ai sp
... ..
```

语料库的建立是前期准备工作中的关键。基于火车站售票系统的开发，系统中选取的词汇语料都是火车站售票过程中常见的语句，比如合肥到杭州、上海去南京等。语料库的录制是在实验室环境下，采用 Cool Edit Pro 软件来实现的。采样率为 16kHz，采样精度为 16bit，语音文件以 Windows 文件格式存储。所录制的语料库共包含 8 位测试者(4 男 4 女)共 250 句语句。其中，200 句用来训练 HMM 模型，另外 50 句用来对所训练的模型进行测试。

标注数据采用 HTK 工具函数 HLEd 来完成。HLEd 工具函数结合字典和功能脚本文件将语料库中的标注文本转换成词级真值文本和音素级真值文本，如图 2 所示。

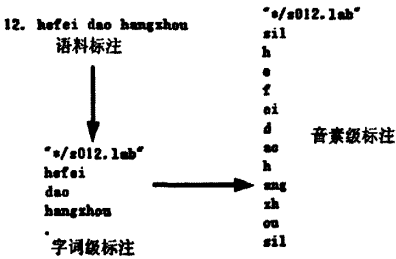


图 2 “合肥到杭州”语句数据标注图

系统中提取的特征参数是 MFCC_0_D_A_Z。它是对 MFCC 进行二阶差分并做均值归整得到。HTK 工具函数 HCopy 从 Windows 格式语音文件中提取出 Mel 频率倒谱系数，并以 .mfc 格式文件存储。在提取特征参数之前还需对语料语音进行预处理，包括预加重、加窗分帧等，相应的操作通过配置文件参数完成，如下所示：

```
SOURCERATE = 625          SOURCEKIND = WAVEFORM
SOURCEFORMAT = NOHEAD     TARGETKIND =
MFCC_0_D_A_Z
TARGETRATE = 100000.0     SAVECOMPRESSED = T
SAVEWITHCRC = T           WINDOWSIZE = 250000.0
USEHAMMING = T            PREEMCOEF = 0.97
NUMCHANS = 26             CEPLIFTER = 22
NUMCEPS = 12              ENORMALISE = F
```

2.2.2 模型训练

HTK 中提供了 HInit/Hrest 加 HERest 和 HCompV 加

HERest 两套模型训练工具。系统中采用 HCompV 加 HERest。其中 HCompV 工具函数结合特征参数文件对自定义高斯模型文件进行全局均值和方差处理，生成 HMM 模型的初始化高斯参数文件。初始 HMM 模型采用 5 状态，39 维特征参数，下面为音素“zh”的初始 HMM 模型：

```
h "zh"
<BEGINHMM>
<NUMSTATES>5
<STATE>2
<MEAN> 39
7.397860e -001 9.611698e -001 3.402829e -001 ... -
1.567791e-004
<VARIANCE> 39
4.176598e +001 4.089957e +001 5.826851e +001 ...
1.199439e-001
<GCONST> 1.083018e+002
<STATE> 3
<MEAN> 39
3.096641e -001 5.717790e -001 5.995087e -001 ...
4.942268e-006
<VARIANCE> 39
4.210050e +001 3.964832e +001 5.744464e +001 ...
1.139025e-001
<GCONST> 1.075678e+002
<STATE> 4
<MEAN> 39
-2.696014e -001 8.152602e -003 8.174908e -001 ...
1.098086e-004
<VARIANCE> 39
4.229437e +001 3.920074e +001 5.706908e +001 ...
1.079724e-001
<GCONST> 1.070004e+002
<TRANSP> 5
0.000000e+000 1.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+
000 0.000000e+000
0.000000e+000 9.505443e-001 4.945574e-002 0.000000e+
000 0.000000e+000
0.000000e+000 0.000000e+000 9.505451e-001 4.945489e-
002 0.000000e+000
0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000 8.139672e-
001 1.860328e-001
0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+000 0.000000e+
000 0.000000e+000
<ENDHMM>
```

接着 HERest 工具函数结合语音特征参数对初始 HMM 模型进行 9 次训练，生成相对稳定的 HMM 模型。训练过程基于 Baum-Welch 算法。

HMM 模型的优化主要包括修补哑音素和重新校准数据。修补哑音素是在 HMM 模型中第 2 状态和第 4 状态之间加一个静音模型，使第 2 状态和第 4 状态之间可以相互跳转，使得 HMM 模型更加稳固。重新校准数据对单词级真值文件进行了重新校对，使得多发音词汇更加准确。

基于上下文相关的三音素模型的建立是提高声学模型对语境的适应水平的重要步骤，它能很好地增强 HMM 模型参数估算的鲁棒性和准确性。三音素模型是在单音素模型的基础上进行了改进，它不仅考虑当前音素，而且还考虑与当前音素紧邻的左边和右边各一个音素的影响。系统中三音素模型的建立分两

步来完成。第一步使用 HTK 工具函数 HHED 将单个基元的 HMM 模型扩展为上下文相关的三元声韵母 HMM 模型。同时 HLEd 工具函数也将单词级单音素标注文件生成三音素标注文件,三音素字典中部分如下所示:

```
hefei      h+e  h-e+f  e-f+ei  f-ei  sp
nanjing    n+an n-an+j  an-j+ing j-ing  sp
beijing     b+ei b-ei+j  ei-j+ing j-ing  sp
shanghai    sh+ang sh-ang+h ang-h+ai h-ai  sp
... ..
```

建立三音素模型将会使音素的 HMM 模型大大增加,使得识别效率和准确率大大降低,需要对同类型的三音素模型进行绑定。第二步使用 HHED 工具函数进行决策树的状态捆绑。建立适当的问题集是进行绑定的关键,图 3 为系统中问题集文件的截取片段。

```
TB 350.0 "uang_s2" {("uang","e-uang+s","uang+s","s-uang").state[2]}
TB 350.0 "zh_s2"  {("zh","s-zh+s","zh+s","s-zh").state[2]}
TB 350.0 "ou_s2"  {("ou","s-ou+s","ou+s","s-ou").state[2]}
TB 350.0 "w_s2"   {("w","s-w+s","w+s","s-w").state[2]}
```

图 3 问题集截取片段图

2.2.3 测试识别

系统采用基于 Viterbi 搜索算法的工具函数 HVite 进行语音识别。识别中,HVite 函数结合测试语音的特征文件,训练充分的 HMM 模型,语法网络,字典和列表文件生成语音识别结果文件(.mlf 文件),如图 4 所示。测试语音在通过训练充分的 HMM 模型时依据输出的随机概率大小进行识别输出相应的语音音素符号序列。语音音素符号序列在语法网络,字典和列表文件的约束下生成并保存在识别结果文件中。

```
"s/t012.rec"
11900000 22800000 hefei -7641.679688
22800000 27100000 dao -2819.968994
27100000 44800000 hangzhou -12293.492188
.
```

图 4 识别结果文件 recout_step11.mlf 截取片段图

2.2.4 结果分析

HTK 中采用 HResults 工具函数来进行结果分析,输出相应的字词级别和语句级别的识别率。系统中结果分析如图 5 所示。

```
===== HTK Results Analysis =====
Date: Fri Jan 15 13:39:32 2010
Ref : \Labels\testwords.mlf
Rec : \Results\recout_step11.mlf
Overall Results
SENT: sCorrect=98.00% (H=49, S=1, N=50)
WORD: sCorrect=98.67% (H=148, D=0, S=2, I=0, N=150)
```

图 5 识别结果分析图

结果分析是在 DOS 环境下进行的。原标注文件是 testwords.mlf,识别结果文件是 recout_step11.mlf。结果分析为:在语句级别的识别中,测试语句共 50 句,正确识别出 49 句,1 句识别出错,识别率为 98.00%;在字词级别的识别中,测试词汇共 150 个,正确识别出 148 个,删除性错误 0 个,替换性错误 2 个,插入性错误 0 个,识别率为 98.67%,可接受的识别率为 98.67%。识别效果非常理想。

2.3 系统实现

基于 HTK 在连续语音识别时,识别结果只能显示在 DOS 系统中,而不能将结果保存、移植或者二次利用。系统中使用 HTK 的接口工具 ATK 在 VS.NET 平台上实现火车站汉语语音识别系统。

ATK 即 An Application Toolkit for HTK,是由英国剑桥大学开发的免费开源语音识别工具,它是 HTK 进行二次开发的接

口函数工具。它主要由数据块类(Packet)、通道类(Buffer)和处理单元类(Component)3 个 C++类组成。其中,数据块类是系统间信息数据的载体,信息数据可以是词汇、命令、数据、波形和图形等,分别由不同的数据块 C++类进行定义;通道类为处理单元类之间的数据块流通提供通道;处理单元类是 ATK 实现语音识别的功能模块,它由很多不同的功能类组成。如语音输入类(ASource)、语音编码类(ACode)、语音识别类(ARec)和资源管理类(ARMan)等等。

系统实现是在 Windows 平台上利用 Microsoft Visual Studio2005 对 ATK 进行编译运行完成。先对 ATK 中专门的 HTKLib 工具进行编译,生成 ATK 中可以应用的 HTK 库函数。然后再对 ATKLib 进行编译生成数据块类、通道类和各种处理单元功能类的执行文件。

系统在 VS2005 上编写识别程序代码之前,已经利用 HTK 生成了资源组文件和三音素词汇列表文件,其中资源组文件包括 HMM 集文件、语法网络和字典文件。

程序实现中,定义 QA 类来实现识别系统的各种功能。其定义如下:

```
class QA {
public:
    QA(const string& aname,           // QA 对象名
        const string& gramfile);      // 语法网络文件名
    void Listen(string rgroup);        // 实现语音输入并且
    // 进行识别
    void Show();                      // 输出当前识别结果
    string curwords;                  // 当前识别结果存储变量
};
```

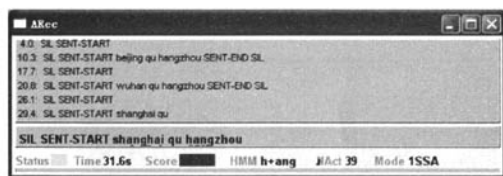
系统中先调用 BuildRecogniser 函数定义并且创建各种数据块类、通道类和处理单元类对象,同时也实现了对资源组文件的加载。接着调用 StartRecogniser 函数模块进行识别。识别中 QA 类方法 Listen 实现了语音识别和结果输出工作,其核心代码如下:

```
arec->SendMessage("usegrp("+rgroup+")"); //调用语音识别类
arec->SendMessage("start()");
do { p = ansChan->GetPacket(); //获取语音识别结果数据
    pd = (APhraseData *)p.GetData();
    if (p.GetKind() == StringPacket) {
        AStringData * sd = (AStringData *)p.GetData();
        s = sd->data;
        curwords = s; }
    else {
        do { p = ansChan->GetPacket(); pd = (APhraseData *)p.GetData();
            if (pd->ptype == Word_PT) {
                if (s=="")
                    s = pd->word;
                else s = s + pd->word;}
            } while(pd->ptype != End_PT);
        curwords = s;
    }
} while (pd->ptype != End_PT);
arec->SendMessage("stop()"); //停止识别
```

识别结果以文字的形式存储在变量 curwords 中,直接可以作为火车票售票管理系统的输入。火车站语音售票模拟系统运行界面如图 6 所示。



a 火车站语音售票模拟系统主界面



b ATK中语音识别类监听器界面

图6 火车站语音售票模拟系统运行界面

3 结束语

该系统在传统火车站售票系统的基础上引入了基于非特定人的连续语音识别技术,在提高售票系统智能化的同时,也有效提高了售票系统的快捷性和灵活性。基于HMM模型的连续语音识别技术和基于HTK和ATK的语音识别系统实现技术的应

用确保了火车站汉语语音售票系统的稳定性。尽管系统在抗噪声性能、自然对话方式等方面还有很多需要改进的地方,但作为一个初级汉语语音识别售票系统,真正地实现了汉语连续语音识别技术在火车站售票系统中的初步应用。

参考文献

- [1]赵力.语音信号处理[M].北京:机械工业出版社,2008
- [2]Steve Young,Gunnar Evermann,Mark Gales et al.The HTK Book[J]. <http://htk.eng.cam.ac.uk>. 2006
- [3]石现峰,张学智,张峰.基于HTK的语音识别系统设计[J].计算机技术与发展,2006,16(10):37-38
- [4]王雁,王洪瑞.基于特定人语音识别技术的家电远程控制装置[J].工业控制计算机,2008,21(10):73-74
- [5]林立,朱杰.基于HTK实时中文语音路名查询系统的设计和实现[J].电子测量技术,2008,31(3):45-46
- [6]马萧.汉语连续语音识别及其在移动机器人导航中的应用[D].西安:西安理工大学,2007
- [7]胡航.语音信号处理[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2000
- [8]刘勇进,史晓东.基于HTK的语音识别的并行化研究与实现[J].计算机应用,2009,29(4):1052-1055
- [9]苏统华.应用HTK搭建语音拨号系统[J].哈尔滨工业大学人工智能研究室,2006
- [10]宫晓梅,王怀阳.噪声环境下MFCC特征提取[J].模式识别,2007,23(8-1):247-249
- [11]文茂平,李雪涛,杨鉴.一种面向语音识别的三元文法语言模型[J].昆明理工大学学报,2005,30(5A):401-404

[收稿日期:2010.4.17]

(上接第57页)

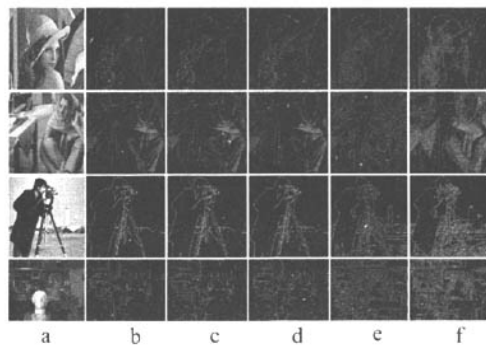


图3 a)噪声图 b)sobel算子结果 c)prewitt算子结果
d)log算子结果 e)canny算子结果 f)本文算法结果

2)在4-连通B和8-连通C的比率上,本文算法不是在所有情况下最优(数值最小),但相对于传统算法评价数据的整体分布是最优的。

3)在不小于给定长度边缘的数量上、在有噪声或无噪声条件下,对于弱小边缘,物体表面纹理的检测能力远强于传统算法,即在边缘长度介于5和10,10和15之间的数量是传统算法最好结果的1.53至4.05倍,1.39至3.06倍。同时,在连续长边缘的检测数量上也具有优势。

从人的主观视觉角度来看,本文算法在检测出的物体轮廓、边缘的连续性、完整性都有明显提高,在表面纹理的丰富度、准确性上远远强于传统算法,而且对于光照变化产生的弱边缘的检测能力也有增强。

3 结束语

本文提出了一种有效的基于稳态小波变换的多尺度图像边缘检测算法。该算法应用了稳态小波变换的平移不变性以及多尺度上的检测特性,最后获得了融合的边缘图。从获得的实验结果可以看出,此方法满足要求,在客观评价上领先于传统算法并有很好的抑制噪声能力。本文算法优越的性能在图像处理等其它领域上具有广泛的应用前景。

参考文献

- [1]阮秋琦,阮宇智,等.译.数字图像处理[M].2版.北京:电子工业出版社,2006
- [2]STEPHANE MALLAT, SIFEN ZHONG. Characterization of Signals from Multiscale Edges[J]. Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on Volume 14, No.7, July 1992 Page(s):710-732
- [3]STEPHANE MALLAT, WEN LIANG HWANG. Singularity Detection and Processing with wavelets [J]. Information Theory, IEEE Transactions on Volume 38, NO. 2, March 1992 Page(s): 617-643
- [4]MICHAEL Unser, AKRAM Aldroubi, MURRAY Eden. B-spline signal processing:part II- efficient design and application [J]. Image Processing, IEEE Transactions on VOL. 41, NO. 2, FEBRUARY 1993, Page(s): 834-848
- [5]田岩岩,齐国清.基于小波变换模极大值的边缘检测方法[J].大连海事大学学报,2007,33(1):102-105
- [6]万月亮,曹元大,李钝.小波边缘分布及边缘融合算法研究[J].小型微型计算机系统,2008,29(7):1308-1303

[收稿日期:2010.7.4]

作者: [饶耀全](#), [吴小培](#), [吕钊](#)
作者单位: [安徽大学计算机智能与信号处理教育部重点实验室, 安徽, 合肥, 230039](#)
刊名: [工业控制计算机](#)
英文刊名: [INDUSTRIAL CONTROL COMPUTER](#)
年, 卷(期): 2010, 23(10)
被引用次数: 2次

参考文献(11条)

1. [赵力](#) [语音信号处理](#) 2008
2. [Steve Young](#); [Gunnar Evermann](#); [Mark Gales](#) [The HTK Book](#) 2006
3. [石现峰](#); [张学智](#); [张峰](#) [基于HTK的语音识别系统设计](#) [期刊论文] - [计算机技术与发展](#) 2006(10)
4. [王雁](#); [王洪瑞](#) [基于特定人语音识别技术的家电远程控制装置](#) [期刊论文] - [工业控制计算机](#) 2008(10)
5. [林立](#); [朱杰](#) [基于HTK实时中文语音路名查询系统的设计和实现](#) [期刊论文] - [电子测量技术](#) 2008(03)
6. [马萧](#) [汉语连续语音识别及其在移动机器人导航中的应用](#) [学位论文] 2007
7. [胡航](#) [语音信号处理](#) 2000
8. [刘勇进](#); [史晓东](#) [基于HTK的语音识别的并行化研究与实现](#) [期刊论文] - [计算机应用](#) 2009(04)
9. [苏统华](#) [应用HTK搭建语音拨号系统](#) 2006
10. [宫晓梅](#); [王怀阳](#) [噪声环境下MFCC特征提取](#) 2007(8-1)
11. [文茂平](#); [李雪涛](#); [杨鉴](#) [一种面向语音识别的三元文法语言模型](#) [期刊论文] - [昆明理工大学学报](#) 2005(5A)

本文读者也读过(10条)

1. [王仕超](#) [基于HTK的语音识别的语料搜集与语言模型](#) [期刊论文] - [硅谷](#) 2010(20)
2. [曾妮](#), [费洪晓](#), [姜振飞](#), [ZENG Ni](#), [FEI Hong-Xiao](#), [JIANG Zhen-Fei](#) [基于HTK的特定词语音识别系统](#) [期刊论文] - [计算机系统应用](#) 2011, 20(3)
3. [张戈](#), [严欢](#), [殷景华](#), [ZHANG Ge](#), [YAN Huan](#), [YIN Jing-hua](#) [基于HTK调用MatLab的语音识别的研究](#) [期刊论文] - [现代计算机 \(专业版\)](#) 2010(9)
4. [石现峰](#), [张学智](#), [张峰](#), [SHI Xian-feng](#), [ZHANG Xue-zhi](#), [ZHANG Feng](#) [基于HTK的语音识别系统设计](#) [期刊论文] - [计算机技术与发展](#) 2006, 16(10)
5. [涂俊辉](#), [续晋华](#), [TU Jun-hui](#), [XU Jin-hua](#) [基于HTK的连续语音识别系统及其在TIMIT上的实验](#) [期刊论文] - [现代计算机 \(专业版\)](#) 2009(11)
6. [基于HTK的汉语数码语音识别系统](#), [期刊论文] - [贺州学院学报](#) 2009, 25(3)
7. [林立](#), [朱杰](#), [Lin Li](#), [Zhu Jie](#) [基于HTK实时中文语音路名查询系统的设计和实现](#) [期刊论文] - [电子测量技术](#) 2008, 31(3)
8. [张强](#), [陶宏才](#), [ZHANG Qiang](#), [TAO Hong-cai](#) [基于HTK的语音识别语言模型设计及性能分析](#) [期刊论文] - [成都信息工程学院学报](#) 2009, 24(2)
9. [王鸿儒](#), [杨根科](#), [杨祖华](#), [Wang Hongru](#), [Yang Genke](#), [Yang Zuhua](#) [基于HTK的连续语音识别网站系统的研究和实现](#) [期刊论文] - [微型电脑应用](#) 2010, 26(7)
10. [陈泉金](#) [基于HTK的连续语音识别技术研究](#) [学位论文] 2010

引证文献(2条)

1. [郭志强](#), [徐丽娜](#) [实时语音识别系统在家庭监护机器人的实现](#) [期刊论文] - [电子设计工程](#) 2012(7)
2. [李芬兰](#), [马小月](#) [嵌入式数字语音拨号系统的研究与实现](#) [期刊论文] - [电声技术](#) 2012(1)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_gygzjsj201010026.aspx