

一种服务多维信任属性模型的研究

刘世勇¹, 罗美淑², 杜百玲³

LIU Shi-yong¹, LUO Mei-shu², DU Bai-ling³

1. 黑龙江幼儿师范高等专科学校, 黑龙江 牡丹江 157011

2. 牡丹江师范学院 计算机科学与技术系, 黑龙江 牡丹江 157012

3. 哈尔滨工程大学 计算机科学与技术学院, 哈尔滨 150001

1. Heilongjiang Preschool Education College, Mudanjiang, Heilongjiang 157011, China

2. Department of Computer Science and Technology, Mudanjiang Normal University, Mudanjiang, Heilongjiang 157012, China

3. College of Computer Science and Technology, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China

E-mail: liushiyong@yeah.net

LIU Shi-yong, LUO Mei-shu, DU Bai-ling. Multi-dimensional trust model for Web service. Computer Engineering and Applications, 2009, 45(30): 161-164.

Abstract: With the continuous study of Web services, considering the role of the service structure has become a hot issue. This paper proposes a service trust management model because of service user, provider and service. Subject trust information of providers has been modified by users' feedback information. Information from service composition corrected the object trust of service. At last, requesters can get more exact service recommendation based on service trust.

Key words: Web service; multi-dimension; trust attribute

摘要: 随着 Web 服务研究的不断深入, 从服务角色的角度出发考虑服务结构已经成为研究的热点问题。主要从服务的使用者、提供者和服务本身三个方面考虑, 提出一个服务信任管理模型, 通过使用用户对服务信任属性的反馈信息修正提供者发布的服务主观信任信息, 通过服务组装过程中获得的信任信息修正提供者提供的服务客观信任信息, 从而为用户提供更加准确的基于信任的服务推荐。

关键词: Web 服务; 多维; 信任属性

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2009.30.049 **文章编号:** 1002-8331(2009)30-0161-04 **文献标识码:** A **中图分类号:** TP338

1 引言

Web 服务技术作为一种新型的分布式计算模型为组织间建立一种灵活多样的协作关系提供了前所未有的机会。由于 Web 服务环境的开放性、自治性、不确定性和欺骗性等特征, 尤其是当提供商处于某种不正当的商业利益, 可能会提供不完整的、虚假的甚至恶意的服务注册信息, 想要获取满足用户信任需求的高质量 Web 服务变得非常困难, 在这种情况下, 交易双方的信息不对称性会严重影响 Web 服务的质量, 因而, 构建有效的规范的信任管理机制是降低交易双方风险的至关重要的因素。

现有有关 Web 服务信任的研究主要是从安全性的角度出发衡量服务是否可信任, 如身份认证、加密机制等等。缺乏从服务本身以及与服务发生行为关系的其他相关实体出发考虑实体的信任。Eyhab 等人^[1]提出了一个 WsRF 函数来衡量服务 QoS 矩阵, 以及给出基于用户偏好的 Web 服务的相关度的排序, 但是此方法仅仅考虑提供者提出的服务的 QoS 信息, 并没有考虑其信息中存在的虚假性的问题。李海华等^[2]设计了一个 Web

服务的信任评估模型, 且提出了一个基于多代理器的信息管理方案, 但是此文仅根据用户的反馈信息验证服务的能力特征, 并没有考虑多角度对服务的反馈以及服务的多个信任属性。在文献[3]中提到了一个基于服务质量的 Web 服务发现模型, 文章对服务的质量属性做了很好的描述, 但只是定性的描述, 却没有进行量化处理。

针对现有方法的缺陷, 提出了一种服务多角度信任度量方法, 主要从服务的使用者对用过服务的信任属性反馈信息, 组装过程中获得的关于服务的信任信息, 以及提供商所发布的有关服务的质量属性信息这三个角度度量服务的信任。

2 服务信任模型定义

2.1 服务信任管理模型

利用网络中各实体间的关联信息, 获得服务信任属性信息评价。图 1 中的 USN、PSN、SSN 参见文献[4]。服务信任管理模型如图 1 所示。

当服务请求者向服务选择机制提出请求的时候, 服务选择

作者简介: 刘世勇(1978-), 男, 讲师, 主要研究领域为智能信息处理、面向服务的计算; 罗美淑(1981-), 女, 讲师, 主要研究领域为智能信息处理; 杜百玲(1982-), 女, 硕士, 主要研究领域为智能信息处理、面向服务的计算。

收稿日期: 2009-03-16 **修回日期:** 2009-06-02

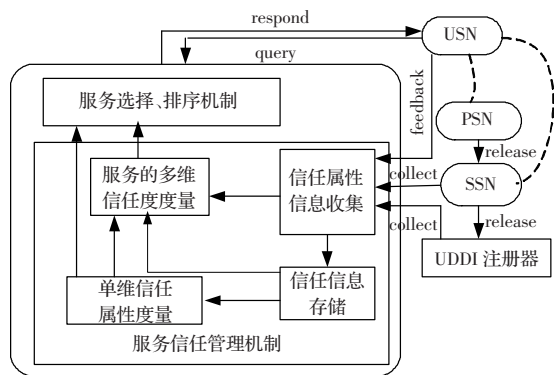


图1 服务信任属性管理模型

机制就会调用服务信任管理模型。首先,信任属性信息收集机制是收集来自三个方面的信息,一是来自于服务代理监测到的服务组装过程中的信任属性信息,二是来自于提供者发布到UDDI注册器上的服务的信任属性信息,提供者发布服务到UDDI注册器的时候,UDDI的数据部分不仅接受描述服务的功能性信息而且接受提供者所发布的服务的信任属性信息,三是用户在使用过服务以后对服务信任属性的反馈信息;其次,将这些收集到的信息在信息存储机制中存储,如以矩阵的形式存储使用者对服务信任属性的反馈评价信息;然后就可以利用这些信息对服务的信任属性进行度量,这里可以根据收集的三方面信息进行单维的信任属性度量,也可以直接地利用存储信息进行多维信任属性度量或利用单维信任属性度量进一步进行综合信任属性度量;最后得到基于信任的服务排序反馈给服务选择、排序机制,再返回给请求者。

2.2 服务信任模型定义

定义1 服务信任属性度量模型,利用服务组装网络中,服务使用者,提供者以及服务本身对服务的评价信息,实现服务信任的度量模型,采用五元组对其描述:

$$Trust(VR, S, TA, Re, Value)$$

VR是信任属性评价者的集合,集合中的实体是信任属性评价行为的发出者,它是由USN或PSN或SSN中的元素构成的,具体可以表示为:

$$VR = \{vr | vr \in USN \cup vr \in PSN \cup vr \in SSN\}$$

S是信任属性被评价者的集合,集合中的实体是信任评价行为的承受者,也就是服务本身,由SSN中的元素构成,具体表示如下:

$$S = \{s | s \in SSN\}$$

TA是服务信任属性的集合,是指能够反应服务执行情况的一些非功能属性,该文主要从人为反馈的服务的信任属性信息和在服务执行过程中直接获得的信息两个角度进行考虑,即主观信任属性和客观信任属性。也就是说TA中的每一个信任属性信息既可以是主观信任属性信息也可以是客观信任属性信息^[9],表示如下所示:

$$TA = \{a | a \in SubTA \cup a \in ObjTA\}$$

SubTA表示的是主观信任属性,是人为从服务的主观属性出发给出评价,如满意度、易理解性、名誉等等,表示如下:

$$SubTA = \{satis, interopera, maturity, tolerance, understandability, appli, docut, reput, transfer\}$$

ObjTA是客观信任属性,指的是在服务的执行或组装过程中可以通过算法或公式进行直观度量的属性,比如说,服务的可访问性,可用性等,具体表示为:

$$ObjTA = \{access, interopera, response, exception, performanc,$$

robustness, security}

Re表示主客体行为关系,论文具体定义了三种关系:使用,提供,组装,表示如下

$$Re = \{use, provide, composite\}$$

Value表示信任属性评价,采用下面提到的归一化方式,将信任属性评价界定在[0,1]区间内。

3 服务信任属性度量

主要通过信任属性信息收集机制收集来自三个方面的信息,用户对服务的反馈信息和提供者发布到UDDI上的信任属性信息,而对于服务组装过程中的信任属性信息的采集,这里采用文献[6]提出的插入采集代码的形式进行。当服务之间需要进行组装的时候,由service-agent发出组装请求,相应与其组装的服务的代理机制返回响应组装信息,可以将这个请求组装到组装结束的过程划分为多个活动,那么在这些活动之间就可以插入相应的代码进行信任属性信息的采集。融合用户反馈信息和服务组装过程中采集的信息对提供者发布的服务信任属性进行修正。该文中的信任值采用文献[7-8]中的方法进行归一化处理,范围是[0,1]。

3.1 基于服务组装的信任属性度量

这里对于服务s,其组装过程中的信任属性集合表示为 $TA^s = \{oa_1, oa_2, oa_3, \dots, oa_m\}$, $oa_j \in ObjTA$,通过采集算法得到服务组装过程中与服务s进行过组装的其他服务之间的信任属性信息矩阵表示如下:

$$M_{s' \rightarrow s} = \begin{bmatrix} v_{oa_{11}} & v_{oa_{12}} & \dots & v_{oa_{1m}} \\ v_{oa_{21}} & v_{oa_{22}} & \dots & v_{oa_{2m}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{oa_{r1}} & v_{oa_{r2}} & \dots & v_{oa_{rm}} \end{bmatrix}$$

$M_{s' \rightarrow s}$ 是一个 $r \times m$ 阶矩阵,行表示采集的信任属性信息来源于服务s与r个其他服务组装过程,m列表示采集信息针对的服务信任属性有m个,其中,对于服务s的任意信任属性值 $v_{oa_j} \in [0, 1]$,并且综合考虑r个服务组装过程中的信息,服务s的任意信任属性值表示为:

$$v_{oa_j}^s = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r v_{oa_{ij}} \quad (1 \leq j \leq m) \quad (1)$$

3.2 基于用户反馈信息的服务信任属性的度量

用户可以通过用户反馈接口给出其对所用服务的评价,然后利用采集算法采集用户的反馈信息从而进行信任属性信息进行度量。具有高信任值的Web服务认为是用户最期望得到或最能够满足用户需求的服务。对于服务s,用户反馈的服务信任属性集合表示为 $TA^s = \{sa_1, sa_2, sa_3, \dots, sa_n\}$,且 $sa_j \in SubTA$ 。

那么使用过服务s的用户对s的信任属性反馈信息用矩阵的形式表示如下:

$$M_{u \rightarrow s} = \begin{bmatrix} u' & u' & \dots & u' \\ v_{sa_{11}} & v_{sa_{12}} & \dots & v_{sa_{1n}} \\ u' & u' & \dots & u' \\ v_{sa_{21}} & v_{sa_{22}} & \dots & v_{sa_{2n}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ u' & u' & \dots & u' \\ v_{sa_{k1}} & v_{sa_{k2}} & \dots & v_{sa_{kn}} \end{bmatrix}$$

$M_{u \rightarrow s}$ 是一个 $k \times n$ 阶矩阵,k行表示对服务s给出信任属性评价的用户个数,n列表示服务信任属性的个数,其中, $0 \leq v_{sa_j} \leq 1$ 。

由于不同的环境下用户对服务的信任属性关注的重点不同^[4],所以用户对同一个服务的所做出的主观性评价也是不同

的, 比如电子商务中用户更关注交易服务的可靠性。所以, 为每一个信任属性设置一定的权重, 这样根据不同的情况或使用环境的要求用户可以根据其关注, 明确哪些是重点属性, 哪些是次属性, 进而给出更好的评价。这里定义了一个数组 W 来表示信任属性的权重, $W=[w_1, w_2, \dots, w_m]$, 其中, w_i 表示其所对应的信任属性 a_i 的重要程度, 并且 $0 \leq w_i \leq 1, \sum_{i=1}^m w_i = 1$ 。权重越大自然表示用户更重视此权重所对应的信任属性。例如说, 用户 Alice 用过某个服务, 通过收集她的评价信息得到 $w_1=0, w_2=1, w_3=0, w_4=0, w_5=0, w_6=0$, 由此可知, 她最关注的属性是 sa_2 即服务的可靠性。那么, 增加权重后的信任属性可以表示为 $w_j \cdot v_{sa_j}^u$, 所以增加权重以后的用户反馈的信任属性矩阵表示为:

$$M_{u \rightarrow s} = \begin{bmatrix} u & u & \dots & u \\ v_{sa_{11}} & v_{sa_{12}} & \dots & v_{sa_{1n}} \\ u & u & \dots & u \\ v_{sa_{21}} & v_{sa_{22}} & \dots & v_{sa_{2n}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ u & u & \dots & u \\ v_{sa_{k1}} & v_{sa_{k2}} & \dots & v_{sa_{kn}} \end{bmatrix}$$

对于其中任意一个主观信任属性, 多个用户对其的评价值如公式(2)所示, 其中 $1 \leq j \leq n$

$$v_{sa_j}^u = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k v_{sa_j}^u \quad (2)$$

3.3 基于服务组装和用户反馈对提供者发布信息的修正

服务的提供者在发布服务的时候, 会将服务的信任属性数据与其功能属性一起发布到 UDDI 注册器上, 其中的信任属性信息既包含客观信任属性又包含服务的主观信任属性, 因此, 提供者 p 针对服务 s 发布的信任属性集合 $TA=\{a_1, a_2, \dots, a_m, a_{m+1}, \dots, a_{m+n}\}$, 其中, 当 $1 \leq i \leq m$ 时, $a_i \in ObjTA$; 当 $m+1 \leq i \leq m+n$ 时, $a_i \in SubTA$, 由此, 提供者 p 发布的服务 s 的客观信任属性矩阵和主观信任属性矩阵分别表示为:

$$M_{p \rightarrow s}^o = [v_{oa_1}^p \ v_{oa_2}^p \ \dots \ v_{oa_m}^p]$$

$$M_{p \rightarrow s}^s = [v_{sa_1}^p \ v_{sa_2}^p \ \dots \ v_{sa_n}^p]$$

某些服务的信任属性是安全可靠的, 例如服务价格等, 然而, 对于服务可用性、执行时间等信任属性, 不诚实的服务提供者可能发布一些高于实际水平的质量属性数据, 通过这种虚假的行为来吸引更多用户使用。因此, 在进行信任属性计算的时候, 简单地接受服务提供者发布的信任属性数据是不合适的。因此, 借鉴文献[7]采用的修正方式对提供者提出的信任属性值进行修正, 该方法是基于对以往运行数据的统计, 对服务提供者发布的信任属性数据进行修正, 以增强其可信程度。这里运用在服务组装过程中采集到的信任属性评价信息对提供者发布的信息进行修正, 即综合矩阵 $M_{p \rightarrow s}$ 中元素度量服务的客观信任属性。

Web 服务以往的运行数据通过信任属性的采集机制获得, 当收集到的运行数据较少时, 统计值准确度较低, 此时其修正作用较小, 即在计算中所占权重较小; 随着运行数据的增多, 统计值所占权重逐渐增大, 修正作用逐渐明显。

对于提供者 p 发布的 s 的客观信任属性值 $v_{oa_j}^p (1 \leq j \leq m)$ 采用公式(4)进行修正

$$v_{oa_j}^p = \alpha \times v_{oa_j}^p + (1-\alpha) \times v_{oa_j}^s \quad (3)$$

其中, $\alpha = e^{-t/R}$, $v_{oa_j}^s$ 来自公式(1), $(1-\alpha)$ 表达了以往服务组装中采

集的信息对提供者发布信息的修正作用随着组装中服务个数 r 的增加而增大, 其中给定的常数 R 用于控制采集数据所占权重随数据量增长的速度, 不难看出, 当 $r=6R$ 时, $e^{-t/R} \approx 0.25\%$, 信任属性基本由组装服务采集的数据决定。

另外, 需要指出的是, 对于无需或无法收集到以往运行数据的信任属性, 则 $r=0$, 也即服务提供者发布的数据即为该信任属性值。公式(3)简化为:

$$v_{oa_j}^p = v_{oa_j}^s \quad (4)$$

修正后的客观信任属性评价矩阵为: $M_{(p,s) \rightarrow s}^o = [v_{oa_1} \ v_{oa_2} \ \dots \ v_{oa_m}]$

为了更准确地反应服务的主观信任属性, 在利用提供者发布的服务的信任属性信息同时应该更着重的考虑用户对使用过服务的反馈信息, 由此, 论文通过增加权重的方法融合提供者发布信息 and 用户反馈信息来度量服务的主观信任属性, 表示为:

$$v_{sa_j}^p = \beta \times v_{sa_j}^p + (1-\beta) \times v_{sa_j}^u \quad (5)$$

其中, β 表示服务主观信任属性度量中, 对提供者发布信息的重视程度, $1-\beta$ 表示对用户反馈信息的重视程度, 并且 $0 \leq \beta \leq 1$ 。

因此, 得到综合考虑提供者 and 用户反馈信息的服务主观信任属性矩阵:

$$M_{(p,u) \rightarrow s}^s = [v_{sa_1} \ v_{sa_2} \ \dots \ v_{sa_n}]$$

对于服务 s 的任意客观和主观信任属性 $v_{oa_j} (1 \leq j \leq m)$ 和 $v_{sa_j} (1 \leq j \leq n)$ 可以满足用户提出的服务信任属性的个性化需求,

同时也可以综合所有的客观信任属性 $v_{oa} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m v_{oa_j}$ 和主观信

信任属性 $v_{sa} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n v_{sa_j}$ 满足用户提出的服务综合信任属性需求。

4 实验

(1) 实验目的

基于提供者发布的服务的信任属性信息的基础上, 验证当考虑用户的反馈信息以及服务组装过程中的信任属性信息这种多维的服务信任属性对用户服务选择的影响。

(2) 实验设计

论文从 sourceforge.net 中找到 8 个服务, 它们具有相同的功能, 都可以用来验证邮件地址的有效性。在实验中, 主要对服务的可用性和满意度分别进行实验。实验提取这 8 个服务的提供者发布的关于服务的可用性和满意度的信息, 表示为 $T_{p \rightarrow s}$, 对于服务的可用性, 将这 8 个服务对 liushiyong008@126.com 中的邮件列表地址进行有效性验证, 整个验证过程在同一台电脑上, 某一时间段完成, 得到 8 个服务的可用性信息如表 1 所示。对于服务的满意度, 该文收集使用过这 8 个服务的用户对服务满意度的反馈信息, 表示为 $T_{u \rightarrow s}$, 其数据集如表 1 所示。根

表 1 采集的服务信任属性信息数据集

服务 ID	服务名称	$T_{p \rightarrow s}$		$T_{u \rightarrow s}$	
		满意度	可用性	满意度	可用性
s1	Service Objects	98%	0.95	0.90	0.920
s2	SWeb Email	97.5%	0.80	0.50	0.780
s3	Strike Email	96%	0.80	0.80	0.810
s4	EmailAddress Verifier	95%	0.85	0.55	0.750
s5	CDYNEEmail verifier	90%	0.90	0.75	0.875
s6	WebServiceX validation	88%	0.86	0.80	0.690
s7	XMLLogic Email	85%	0.88	0.65	0.760
s8	GSAEmail verifier	80%	0.90	0.70	0.880

据提供者发布的信息得到的服务排序与标准排序进行相似度比较,其中,标准排序由3个研究生根据使用服务情况人为标注出来,再将该方法得到的服务排序与标准排序进行相似度比较,从而提供更符合用户需求的服务排序。

(3) 实验讨论

仅根据提供者发布的服务的可用性得到的服务排序为 $s_1, s_5, s_8, s_7, s_6, s_4, s_3, s_2$, 与标准排序的相似度为 0.625。

利用公式(3)同时考虑服务使用中的可用性信息得到新的服务排序与标准排序的相似度为 0.75, 比单纯考虑提供者信息的相似度提高了 0.125, 对比如表 2 所示。单纯的根据提供者发布的服务满意度信息, 可以知道 s_1 的满意度最高, s_8 的满意度最低, 与标准排序的相似度为 0.583 3。

当利用该文提到的方法, 同时考虑用户对服务信任属性的反馈信息时, 利用公式(5)计算服务的满意度, 基于此方法得到新的服务排序, 与标准排序比较的相似度为 0.666 7, 对比如表 3 所示。

表 2 服务相似度对比

	相似度
$T_{p \rightarrow}$	0.625
$T_{p \rightarrow} + T_{u \rightarrow}$	0.750

表 3 服务相似度对比

	相似度
$T_{p \rightarrow}$	0.583 3
$T_{p \rightarrow} + T_{u \rightarrow}$	0.666 7

随着用户反馈数量的增加, 获得的信任属性的反馈信息越来越多, 这样就会得到更精确的信任属性的评价, 利用公式(5)得到的基于服务满意度进行的排序就与标准排序更加的接近, 如图 2 所示。当用户数量增加至 100 的时候, 与标准排序的相似度趋于一致。

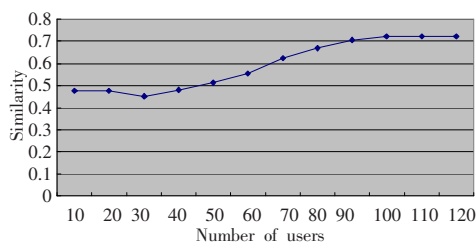


图 2 用户反馈数量增加服务排序相似度影响

(上接 134 页)

5 结论

对隐条件随机场在汉语语音识别中的隐式声调建模进行了初步的探索, 针对汉语连续语音中基音频率值不连续的特点, 利用条件随机场无需对观察值采取统一建模方式、善于处理离散特征的优点对这种现象进行直接建模。利用音节分类实验来验证这种方法的有效性。通过与平滑插值基音频率观察序列比较, 证明隐条件随机场在带调音节分类实验中优于采用 MFCC+平滑 F0 特征的识别结果, 较同样区分性准则下基于平滑基频观察序列的 HMM 声学模型误识率有了明显的下降。从带调音节分类实验结果表明隐条件随机场模型的这种特性能够应用在对汉语大词汇连续语音识别的隐式声调建模当中。该结果为隐条件随机场在大词汇连续语音识别系统应用中, 对断续基频序列的直接建模提供初步的实验依据。

参考文献:

[1] Gunawardana A, Hahajan M, Acero A, et al. Hidden conditional ran-

经过实际的使用和调查, 发现 s_2 和 s_4 两个服务的提供者发布了过高的服务的满意度, 由此可见, 有效地利用用户的反馈信息, 可以对提供者的虚假信息进行修正, 该文中提出的方法比只考虑提供者发布的信息与标准排序的相似度提高了 0.083 4, 从而为请求者提供更可靠更符合要求的服务。

5 总结

提出了一种服务多维信任管理模型, 从服务的多个角色出发, 给出服务多维信任的度量方法, 利用用户对使用过服务的反馈信息对提供者给出的服务主观信任属性进行修正, 通过收集服务组装过程中服务的信任属性信息结合提供者提供的信息度量服务的客观信任, 然后给出融合主客观的服务信任, 从而给出更精确, 更满足用户需求的服务, 最后通过模拟实验验证了此方法的正确性和优越性。

参考文献:

- [1] Al-Masri E, Mahmoud Q H. QoS-based discovery and ranking of Web services[C]//Proceedings of 16th International Conference on Computer Communications and Networks, Honolulu, 2007: 529-534.
- [2] 李海华, 杜小勇, 田萱. 一种能力属性增强的 Web 服务信任评估模型[J]. 计算机学报, 2008, 31(8): 1471-1477.
- [3] Ran Shu-ping. A model for Web services discovery with QoS[C]//ACM. [S.l.]: Spring, 2003: 1-10.
- [4] Xie Xiao-qin, Du Bai-ling, Hu Miao, et al. A semantic trust modeling method for service composition[C]//Proceedings of International Conference on Internet Computing for Science and Engineering, Harbin, 2008: 339-342.
- [5] 赵俊峰, 王亚沙, 谢冰, 等. 一种支持构件服务质量的构件管理框架[J]. 电子学报, 2004, 32(12A): 165-168.
- [6] 邵凌霄, 李田, 赵俊峰. 一种可扩展的 web service QoS 管理框架[J]. 计算机学报, 2008, 31(8): 1458-1470.
- [7] 李妍, 周明辉, 李端超, 等. 一种考虑 QoS 数据可信性的服务选择方法[J]. 软件学报, 2008, 19(10): 2620-2627.
- [8] Zeng L, Boualem B, Ngu A, et al. QoS-aware middleware for Web services composition[J]. IEEE Trans on Software Engineering, 2004, 30(5): 311-327.

dom fields for phone classification[C]//Proceedings of the 9th European Conference on Speech Communication and Technology, Lisbon, Portugal, 2005: 1117-1120.

- [2] Lafferty J, McCallum A, Pereira F. Conditional random field: Probabilistic models for segmenting and labeling sequence data[C]//Proc Int Conf on Machine Learning (ICML), Williamstown, Jun 2001: 282-289.
- [3] Sha F, Pereira F. Shallow parsing with conditional random fields[C]//Proc of Human Language Technology-NAACL, 2003: 134-141.
- [4] Chang E, Shi Yu, Zhou Jian-lai, et al. Speech lab in a box: A Mandarin speech toolbox to jumpstart speech related research[C]//Proc of the 7th European Conference on Speech Communication and Technology, Aalborg, Denmark, 2001: 2779-2782.
- [5] Boersma P, Weenink D. Praat: Doing phonetics by computer (Version 4.3.14) [EB/OL]. (2005-05-26). <http://www.praat.org/>.
- [6] Young S, Evermann G, Hain T, et al. The HTK book [EB/OL]. (2004). <http://htk.eng.cam.ac.uk>.
- [7] Povey D. Discriminative training for large vocabulary speech recognition[D]. Peterhouse, Cambridge University, 2004.