



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104769668 A

(43) 申请公布日 2015. 07. 08

(21) 申请号 201280076276. 7

(22) 申请日 2012. 10. 04

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2015. 04. 03

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2012/058613 2012. 10. 04

(87) PCT国际申请的公布数据
W02014/055076 EN 2014. 04. 10

(71) 申请人 纽昂斯通讯公司
地址 美国马萨诸塞州

(72) 发明人 D·维利特 吴建雄 P·沃兹拉
W·F·甘农三世

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专
利商标事务所 11038

代理人 陈新

(51) Int. Cl.

G10L 15/30(2006. 01)

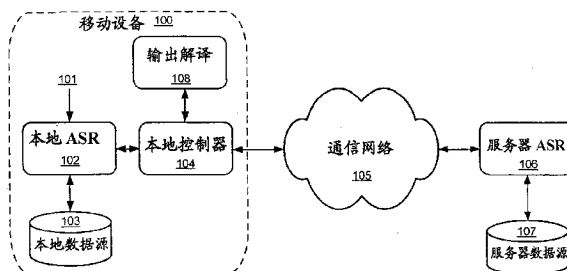
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

改进的用于 ASR 的混合控制器

(57) 摘要

描述了一种适于自动语音识别 (ASR) 的移动设备。语音输入部接收来自用户的未知语音输入信号。本地控制器确定远程 ASR 处理条件是否满足,将语音输入信号转换为许多不同的语音表示类型中的所选一种,并发送转换后的语音输入信号到远程服务器用于远程 ASR 处理。本地 ASR 布置执行语音输入的本地 ASR 处理,本地 ASR 处理包括处理从远程服务器接收到的任何语音识别结果。



1. 一种适于自动语音识别 (ASR) 的移动设备,包括:
用于接收来自用户的未知语音输入信号的语音输入部;
本地控制器,用于:
 - a. 确定是否满足远程 ASR 处理条件,
 - b. 将语音输入信号转换成多种不同的语音表示类型中的所选类型,和
 - c. 发送转换后的语音输入信号至远程服务器用于远程 ASR 处理;本地 ASR 布置,用于执行语音输入的本地 ASR 处理,本地 ASR 处理包括处理从远程服务器接收到的任何语音识别结果。
2. 根据权利要求 1 所述移动设备,其中本地控制器与远程 ASR 处理条件是否被满足无关地转换语音输入信号并发送转换后的语音输入信号。
3. 根据权利要求 1 所述移动设备,其中本地控制器只有在远程 ASR 处理条件被满足时转换语音输入信号和发送转换后的语音输入信号。
4. 根据权利要求 1 所述移动设备,其中如果本地控制器确定远程 ASR 条件不被满足,则本地控制器暂停转换语音输入信号和发送转换后的语音输入信号。
5. 根据权利要求 1 所述移动设备,其中即使远程 ASR 处理条件满足,本地 ASR 布置仍继续本地 ASR 处理。
6. 根据权利要求 1 所述移动设备,其中如果远程 ASR 处理条件满足,则本地 ASR 布置过程暂停除处理从远程服务器接收到的语音识别结果之外的本地 ASR 处理。
7. 根据权利要求 1 所述移动设备,其中当本地 ASR 布置执行本地 ASR 处理时,本地控制器确定远程 ASR 处理条件是否满足。
8. 根据权利要求 7 所述移动设备,其中在本地控制器确定远程 ASR 处理条件满足之后,本地控制器从语音输入信号起始点开始,开始发送转换后的语音信号至远程服务器。
9. 根据权利要求 1 所述移动设备,其中在本地 ASR 布置产生识别结果之后,本地控制器确定远程 ASR 处理条件是否满足。
10. 根据权利要求 1 所述移动设备,其中本地控制器基于语音表示类型的不同带宽特性来选择语音表示类型中的一种。
11. 根据权利要求 1 所述移动设备,其中远程 ASR 处理条件是根据与语音输入信号的本地 ASR 处理相关联的识别置信度的。
12. 根据权利要求 1 所述移动设备,其中远程 ASR 处理条件是根据移动设备与远程服务器之间的连接状态的。
13. 根据权利要求 1 所述移动设备,其中远程 ASR 处理条件是根据与远程 ASR 处理相关联的预计准确性效益的。
14. 根据权利要求 13 所述移动设备,其中预计准确性效益基于反映应用状态和对话上下文中的一个或两个的元数据功能。
15. 根据权利要求 1 所述移动设备,其中远程 ASR 处理条件是根据本地 ASR 处理延迟特性和远程 ASR 处理延迟特性中一个或两个的。
16. 根据权利要求 1 所述移动设备,其中远程 ASR 处理条件是根据识别成本特性的。
17. 根据权利要求 1 所述移动设备,其中多种不同的语音识别类型包括以下中的一个或多个:ASR 特征向量、有损压缩语音、无损压缩语音和未压缩语音。

18. 根据权利要求 1 所述移动设备,其中确定远程 ASR 处理条件是否被满足反映基于语音识别操作的随时间的适应过程。

19. 根据权利要求 18 所述移动设备,其中适应过程是自动化无监督的适应过程。

20. 根据权利要求 1 所述移动设备,其中来自远程服务器的识别结果包括以下中的一个或多个:未格式化的识别文本、格式化的识别文本和语义解释。

改进的用于 ASR 的混合控制器

技术领域

[0001] 本发明一般滴地涉及自动语音识别 (ASR), 更具体地说, 涉及移动设备上的客户机 - 服务器 ASR。

背景技术

[0002] 自动语音识别 (ASR) 系统确定语音输入的语义含义。典型地, 输入语音被处理为数字语音特征帧的序列。每一语音特征帧可被认为是多维向量, 其表示在语音的短时窗期间呈现的语音信号的各种特性。例如每一语音帧的多维向量可从语音信号的短时傅立叶变换频谱的倒频谱特征 (MFCC) —— 给定频带的短时功率或分量 —— 以及相应的一阶和二阶导数 (“delta” 和 “delta-delta”) 而得出。在连续识别系统中, 可变数量的语音帧组织成 “话语” —— 其表示停顿之前的一段语音, 这在现实生活中松散地对应于所说的句子或短语。

[0003] ASR 系统对比输入话语以找出与向量序列特性最佳匹配的统计声学模型, 并确定与声学模型相关联的对应的文字表示。更正式地, 给定一些输入观察值 A , 特定词串 W 被说出的概率表示为 $P(W|A)$, 其中 ASR 系统试图确定最可能的词串:

$$[0004] \quad \hat{W} = \arg \max_{W} P(W|A)$$

[0005] 给定统计声学模型的系统, 该公式可以重新表示为:

$$[0006] \quad \hat{W} = \arg \max_{W} P(W)P(A|W)$$

[0007] 其中 $P(A|W)$ 对应于声学模型, $P(W)$ 反映由统计语言模型提供的词序列的先验概率。

[0008] 声学模型通常是通过使用概率分布函数 (高斯) 的混合来对语音声音进行建模的概率状态序列模型, 诸如隐马尔可夫模型 (HMM)。声学模型通常表示特定上下文中的音素 —— 称为 PEL (语音元素), 例如具有已知的左和 / 或右上下文的音素或者三音素。状态序列模型可按比例放大, 以表示作为声学建模音素的连接序列的词语, 和作为词语的连接序列的短语或句子。当模型被组织在一起作为词语、短语和句子时, 附加的语言相关的信息也通常以统计语言模型的形式并入到模型中。

[0009] 与最佳匹配模型结构相关联的词语或短语被称为识别候选或假设。系统可以产生单个最佳识别候选 —— 识别结果 —— 或者各种形式 (诸如 N- 最佳列表、识别点阵或混淆网络) 的多个识别假设。关于连续语音识别的进一步细节在题为 “Continuous Speech Recognition” 的美国专利号 5, 794, 189 以及题为 “Speech Recognition Language Models” 的美国专利号 6, 167, 377 中提供, 其内容通过引用全部并入于此。

[0010] 最近, ASR 技术已发展得足以具有在移动设备的有限范围 (footprint) 上实现的应用。这可以涉及移动设备上比较有限的独立 ASR 布置, 或者可以在客户机 - 服务器布置中提供更广泛的能力, 在客户机 - 服务器布置中本地移动设备进行语音输入的初始处理以

及可能的一些本地 ASR 识别处理,但主要的 ASR 处理在具有更多资源的远程服务器处执行,接着识别结果被返回以供在移动设备处使用。

[0011] 美国专利公开 20110054899 描述了用于移动设备的混合的客户机-服务器 ASR 布置,其中语音识别可由该设备本地执行和/或由远程 ASR 服务器远程执行,这取决于一个或多个标准,诸如时间、策略、置信度分数、网络可用性等。

发明内容

[0012] 本发明的实施例涉及用于自动语音识别 (ASR) 的移动设备和对应的方法。本地控制器确定远程 ASR 处理条件是否满足,将语音输入信号转换为多种不同的语音表示类型中所选的一种,并发送转换后的语音输入信号到远程服务器用于远程 ASR 处理。本地 ASR 布置执行语音输入的本地 ASR 处理,本地 ASR 处理包括处理从远程服务器接收到的任何语音识别结果。

[0013] 本地控制器可以与远程 ASR 处理条件是否满足无关地转换语音输入信号和发送转换后的语音输入信号。或者本地控制器可以只有在远程 ASR 处理条件满足时转换语音输入信号和发送转换后的语音输入信号。如果本地控制器确定远程 ASR 条件不满足,则其可以暂停转换语音输入信号及发送转换后的语音输入信号。

[0014] 即使远程 ASR 处理条件满足,本地 ASR 布置仍可继续本地 ASR 处理。或者如果远程 ASR 处理条件满足,则本地 ASR 布置过程可暂停除处理从远程服务器接收到的语音识别结果之外的本地 ASR 处理。

[0015] 当本地 ASR 布置执行本地 ASR 处理时,本地控制器可确定远程 ASR 处理条件是否满足。在该情况下,在本地控制器确定远程 ASR 处理条件满足之后,它可以从语音输入信号起始点开始,开始发送转换后的语音信号至远程服务器。或者在本地 ASR 布置产生识别结果之后,本地控制器可确定远程 ASR 处理条件是否满足。

[0016] 本地控制器可基于语音表示类型的不同带宽特性,选择语音表示类型中的一种。不同的语音识别类型可包括以下中的一个或多个:ASR 特征向量、有损压缩语音、无损压缩语音和未压缩语音。来自远程服务器的识别结果可包括以下中的一个或多个:未格式化的识别文本、格式化的识别文本和语义解释。

[0017] 远程 ASR 处理条件可以根据以下中的一个或多个:与语音输入信号的本地 ASR 处理相关联的识别置信度、移动设备和远程服务器之间的连接条件、与远程 ASR 处理相关联的预计准确性效益(例如,基于反映应用状态和对话上下文中的一个或两个的元数据功能)、本地 ASR 处理延迟特性、远程 ASR 处理延迟特性和识别成本特性。

[0018] 确定远程 ASR 处理条件是否满足可以反映基于语音识别操作的随时间的适应过程。例如,适应过程可以是自动无监督的适应过程。

附图说明

[0019] 图 1 示出根据本发明的实施例的混合 ASR 布置中的各种元件。

[0020] 图 2 示出根据本发明的一个实施例的混合 ASR 布置中的各种功能步骤。

[0021] 图 3 示出根据本发明的另一实施例的混合 ASR 布置中的各种功能步骤。

具体实施方式

[0022] 本发明的各种实施例涉及使用客户机-服务器布置的用于移动设备的混合 ASR。本地控制器决定何时发送语音输入到远程服务器用于识别,该决定取决于诸如本地识别置信度分数、数据连接条件等的标准。此外,本地控制器进一步例如基于不同类型的语音表示的带宽特性来选择要发送到远程服务器的语音表示的特定类型。

[0023] 图 1 示出根据本发明的实施例的混合 ASR 布置中的各种元件。移动设备 100 上的语音输入部 101 接收来自用户的未知语音输入信号。本地控制器 104 确定远程 ASR 处理条件是否满足,将语音输入信号转换为多种不同的语音表示类型中所选的一种,并通过无线通信网络 105 发送转换后的语音信号至具有远程 ASR 处理布置的远程服务器 106。本地 ASR 布置 102 使用本地识别数据源 103 来执行语音输入信号的本地 ASR 处理,包括对来自远程 ASR 服务器 106 的任何语音识别结果的处理。ASR 服务器 106 使用服务器识别数据源 107 来执行远程 ASR 处理并且一旦该处理完成,将其语音识别结果(未格式化的识别文本,或者该结果的衍生物,诸如格式化的识别文本或语义解释)返回至移动设备 100 作为识别输出结果 108。

[0024] 在具体的实施例中,本地控制器 104 可以与远程 ASR 处理条件是否满足无关地转换语音输入信号并发送转换后的语音输入信号。例如,图 2 示出这样的实施例中的各种功能步骤,其中,移动设备 100 初始地接收来自用户的未知语音输入信号,步骤 201,并且将其转发至本地 ASR 布置 102 用于本地 ASR 处理,步骤 202。本地控制器 104 确定远程 ASR 处理条件是否满足,步骤 203,并且如果满足,则选择不同语音表示类型中的一个特定类型,步骤 204,将语音输入信号转换为所选类型的语音表示,步骤 205,并将转换后的语音输入信号发送至远程 ASR 服务器 106,步骤 206。

[0025] 一旦远程 ASR 服务器 106 完成了对转换后的语音输入信号的处理,它将其识别结果返回到本地设备 100,步骤 207,用于由本地 ASR 处理布置 102 进一步处理。在这一点上,至于究竟做了什么,不同的具体实施例可具有不同的特定布置。例如,如果远程 ASR 处理条件满足,则本地 ASR 布置 102 可以继续本地 ASR 处理,包括对来自远程 ASR 服务器 106 的识别结果的附加处理,以产生其最终识别输出解译 108。或者如果远程 ASR 处理条件满足,则本地 ASR 布置 102 过程可暂停除处理从远程 ASR 服务器 106 接收到的语音识别结果之外的本地 ASR 处理,使得输出解译 108 是仅基于远程识别结果的。

[0026] 在一些其他的特定实施例中,本地控制器 104 可以只在远程 ASR 处理条件满足时转换语音输入信号并发送转换后的语音输入信号。图 3 示出这样的实施例中的各种功能步骤,其中,移动设备 100 初始地接收来自用户的未知语音输入信号,步骤 301,并且将其转发到本地 ASR 布置 102,用于本地 ASR 处理,步骤 302。如果本地控制器确定远程 ASR 条件不满足,则可暂停转换语音输入信号和发送转换后的语音输入信号。本地控制器 104 自动选择不同语音表示类型中的特定一种,步骤 303,将语音输入信号转换为所选类型的语音表示,步骤 304,并将转换后的语音输入信号发送至远程 ASR 服务器 106,步骤 305。本地控制器 104 还确定远程 ASR 处理条件是否满足,步骤 306,并且如果满足,则当远程识别结果可用时接收这些远程识别结果,步骤 307。如果在步骤 306 中,本地控制器 104 确定远程 ASR 处理条件不满足,则输出解译 108 将仅基于来自本地 ASR 处理布置 102 的识别结果。

[0027] 在这样的实施例中,在本地 ASR 布置 102 执行本地 ASR 处理时,本地控制器可确定

远程 ASR 处理条件是否满足,步骤 306。在该情况下,在本地控制器 104 确定远程 ASR 处理条件满足之后,它可以从语音输入信号起始点开始,开始发送转换后的语音信号至远程服务器,步骤 304。或者在本地 ASR 布置 102 产生本地识别结果之后,例如基于本地识别结果及其置信度,本地控制器 104 可确定远程 ASR 处理条件是否满足,步骤 306。

[0028] 在任何实施例中,本地控制器 104 可基于语音表示类型的不同带宽特性,选择语音表示类型中的一个。例如,一个特定的实施例可基于三种不同类型的语音表示:

[0029] 1) ASR 特征向量——因为该向量已经由本地 ASR 布置 102 计算出,所以这是不昂贵的选项(除非远程 ASR 服务器 106 使用不同类型的特征流)。

[0030] 2) 具有有损压缩的压缩语音。压缩率可根据可用网络带宽确定且压缩复杂度(压缩所花费的计算量)可随移动设备 100 的当前电池状态和可用计算能力而调整。

[0031] 3) 未压缩或无损压缩的语音。

[0032] 在其中语音表示的类型是非未压缩波形的任何类型的情况下,一些实施例可稍后发送未压缩波形用于适应和评估目的。对于各种不同的语音表示类型中的任何类型,在发送语音信号至远程 ASR 服务器 106 之前,在移动设备 100 上进行一些本地信号增强可以是有利的。具体的这种增强技术的例子包括但不限于噪声抑制/减小、去混响、波束成形和回波补偿。在发送通过有损压缩的语音表示信号之前,在移动设备 100 上执行这种信号增强可以是有利的。众所周知,这会使这种信号增强技术更有效,以及允许减少压缩损失。另外,如果这种增强技术在移动设备 100 上可用的话,这种增强技术很可能无论如何都对本地 ASR 布置 102 执行。并且在波束成形的特定情况下,在移动设备 100 上本地执行它,允许通过一条信号通道发送经波束成形的语音表示信号至远程 ASR 服务器,而相比之下,在远程 ASR 服务器 106 上执行这种信号波束成形将需要通过多条通道传送。

[0033] 在具体的实施例中,远程 ASR 处理条件可以是根据以下中的一个或多个的:与语音输入的本地 ASR 处理相关联的识别置信度、移动设备和远程服务器之间的连接状态、与远程 ASR 处理相关联的预计准确性效益、本地 ASR 处理延迟特性、远程 ASR 处理延迟特性和/或识别成本特性。

[0034] 例如,与远程 ASR 处理相关联的准确性效益的估计应当考虑到这样的考虑:如果本地 ASR 布置 102 和远程 ASR 服务器 106 两者很可能达成相同识别结论,那么将语音输入传送给远程服务器 106 是没有准确性效益的。对由远程 ASR 处理带来的准确性改善的估计还可以考虑以下中的一个或多个:

[0035] • 信噪比(SNR)

[0036] • 语音输入的长度

[0037] • 本地移动设备 100 的计算特性,包括核的数量、CPU 速度、存储器等

[0038] • 来自当前用户的最近识别结果

[0039] • 本地识别置信度

[0040] ° 如果本地识别置信度高,则可停止服务器侧处理。这将特别地加速以任何本地缓存语法的识别处理。

[0041] ° 如果特定词语的本地识别置信变低,这可以反映本地词汇外(OOV)输入,其将被发送至远程 ASR 服务器 106。

[0042] • 部分识别结果——如果当前语音输入部分被解码并且可能包含需要服务器资源

的命令（例如网络搜索查询），则语音输入应被发送至远程 ASR 服务器 106。

[0043] • 可表明当前语音输入将需要更可能在远程 ASR 服务器 106 上找到的信息的其他特性。

[0044] • 关于识别问题的元数据，诸如应用状态和对话上下文

[0045] ° 如果系统在要求简单的“Yes/No”回答，则远程 ASR 服务器 106 不太可能相比本地 ASR 布置 102 改进识别性能。

[0046] ° 对许多不同用户的观察可用于估计在特定的元数据上下文中，远程 ASR 服务器 106 可能的识别效益。

[0047] ° 系统是否在要求可能需要服务器资源的用户输入，诸如复杂的网络搜索

[0048] 值得注意的是，准确性本身只可以由用户反馈或人工审核（例如音频的转录）来查明。但出于远程 ASR 处理条件的目的，可基于比较相似条件（应用状态、对话上下文、SNR 等）下产生的先前的本地和远程识别结果，来预测来自远程 ASR 服务器 106 的远程识别结果与本地 ASR 布置 102 的本地识别结果是否以及有多经常是明显不同的。可以假定当识别结果有可能不一致时，则远程 ASR 服务器 106 被预期具有更高的准确性，并因而是优选的。关于远程 ASR 处理条件的判定可以是高度适应的而不需要监督（即自动地），以便考虑可用的元数据。这种适应是有用的，以允许系统随当前运行环境的变化（诸如远程 ASR 服务器 106 上的负荷的变化）来调整。适应还可以是“精细粒度的”，即，其可取决于说话人、移动设备 100 的具体特性或当前对话的状态。这种适应取决于来自远程 ASR 服务器 106 的识别结果与来自移动设备 100 的本地识别结果的比较。但是，在其中该系统决定不发送语音至远程 ASR 服务器 106 的这些试验时，服务器侧识别结果将通常是不可用的。因此，为了收集信息以支持这种适应，系统有时可发送一般本不发送的话语。系统相对很少地这样做（可能仅 1% 的话语），并且系统可标记这些话语以便在远程 ASR 服务器 106 上低优先级处理。

[0049] 远程 ASR 处理条件可以是根据其他状态的，诸如本地 ASR 处理延迟特性（即，本地 ASR 布置 102 的识别速度的估计）。这可以受诸如以下因素的影响：本地移动设备 100 的计算特性（例如，核的数量、CPU 速度、存储器等）和 / 或移动设备 100 的负荷状态（例如，在识别即将开始时操作系统和其他运行应用对 CPU 和存储器的利用情况）。另一个考虑可以是远程 ASR 处理延迟特性（即，直到在移动设备 100 处接收到识别结果的延迟）。这可以受到诸如以下因素的影响：数据通道状态和服务器负荷（如果远程服务器当前非常繁忙，则不发送）。理想的实施例不仅寻求降低响应延迟，而且寻求降低其可变性。大的延迟变化可能不利于对于相似或相同命令或命令分类的可用性。对于一些应用，系统具有稍微较高的总响应延迟可以是可接受的，但偏好具有较低的平均延迟时间变化。

[0050] 远程 ASR 处理条件还可以是根据一个或多个识别成本特性的，诸如用户的数据计划计费状态（当用户已使用他们当月的大部分数据限额时，不发送），服务器负荷（如果远程服务器当前非常繁忙，则不发送）、和电池状态（当电池电量低时，发送是更昂贵的）。在电池电量低的情况下，本地控制器 104 可能决定完全放弃发送语音信号至远程 ASR 服务器 106，或者其可能进行相反的操作——发送语音至远程 ASR 服务器 106 并完全省略本地 ASR 处理布置 102 的处理。

[0051] 本地控制器 104 可以在语音输入的起始点时，初始地确定远程 ASR 处理条件是否满足，并且在一些实施例中，在语音输入的过程期间，可重新评估。也就是说，在语音输入开

始之前,本地控制器 104 可能决定不发送新语音输入至远程 ASR 服务器 106,并接着在识别过程期间或者之后,本地置信度信息可能导致本地控制器 104 开始向远程 ASR 服务器 106 流传输语音表示,包括表示从话语的起始点开始的整个语音输入的数据块。并且相反地,在语音输入的起始点,本地控制器 104 可以决定将语音表示流传输至远程 ASR 服务器 106,但到语音输入的结束点为止,总识别置信度可以很高,本地控制器 104 可能接着停止服务器侧识别。一些实施例还可以随机地选择一些语音输入发送至远程 ASR 服务器 106,用于检验识别效益估计的可靠性,在这种情况下,我们可以使用来自本地 ASR 布置 102 的本地识别结果,而不用等待来自远程 ASR 服务器 106 的结果。

[0052] 本发明的实施例可以整体或部分地以任何传统的计算机编程语言来实现,诸如 VHDL、SystemC、Verilog、ASM 等。本发明的另选实施例可实现为预编程硬件元件、其他相关组件、或者硬件和软件组件的组合。

[0053] 实施例可以整体或部分的实现为与计算机系统一起使用的计算机程序产品。这种实现可以包括一系列的计算机指令,这些指令或者固化在有形介质(诸如计算机可读介质(例如磁盘、CD-ROM、ROM、或固定盘))上,或者可通过调制解调器或其他接口设备(诸如通过介质连接到网络的通信适配器)传送至计算机系统。该介质可以是有形介质(例如光学或模拟通信线路)或利用无线技术(例如微波、红外或其他传输技术)实现的介质。计算机指令的系列具体实现本文先前参照系统所描述的所有或部分功能。本领域技术人员应当理解,这种计算机指令可以以多种编程语言编写以便与许多计算机体系结构或操作系统一起使用。此外,这些指令可以存储在任何存储器设备中,诸如半导体、磁、光学或其他存储器设备,而且可以采用任何通信技术进行传输,诸如光学、红外、微波或其他传输技术。预期的是,这种计算机程序产品可以作为具有随附的印刷或电子文档的可移动介质(例如压缩打包软件)分发,随计算机系统预装(例如在系统 ROM 或固定盘上),或者通过网络(例如因特网或万维网)从服务器或电子公告牌分发。当然,本发明的一些实施例可作为软件(例如计算机程序产品)和硬件的组合实现。本发明的又一些其他实施例作为完全的硬件或完全的软件(例如计算机程序产品)实现。

[0054] 虽然已经公开了本发明的各种示例性实施例,但是对本领域技术人员来说应当明显的是,可以做出实现本发明的一些优点的各种变型和修改,而不背离本发明的真实范围。

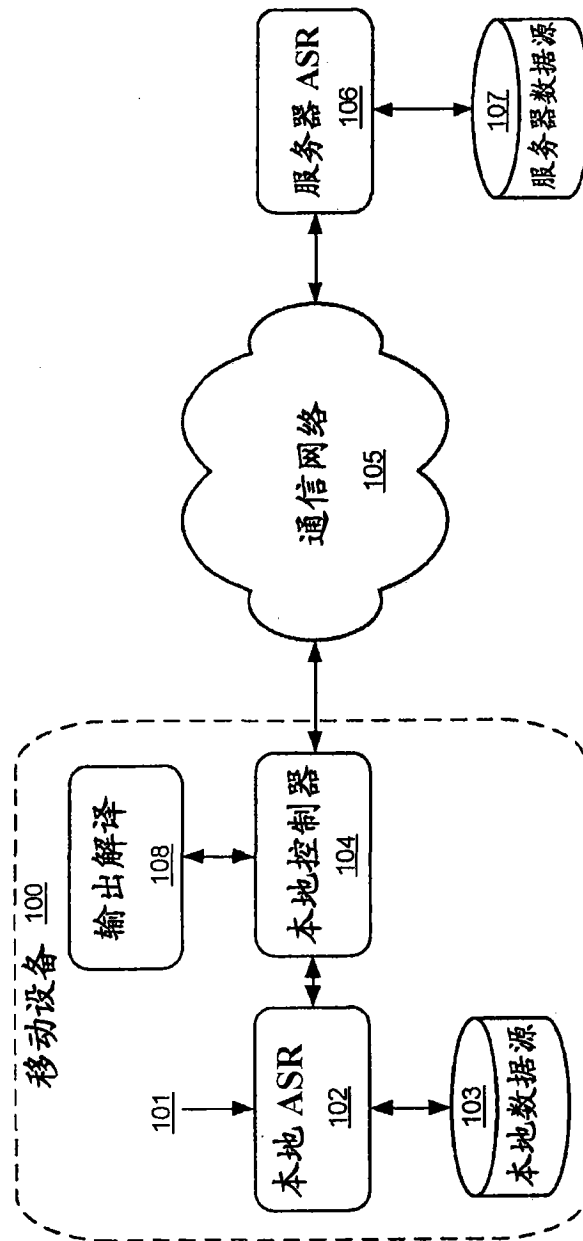


图 1

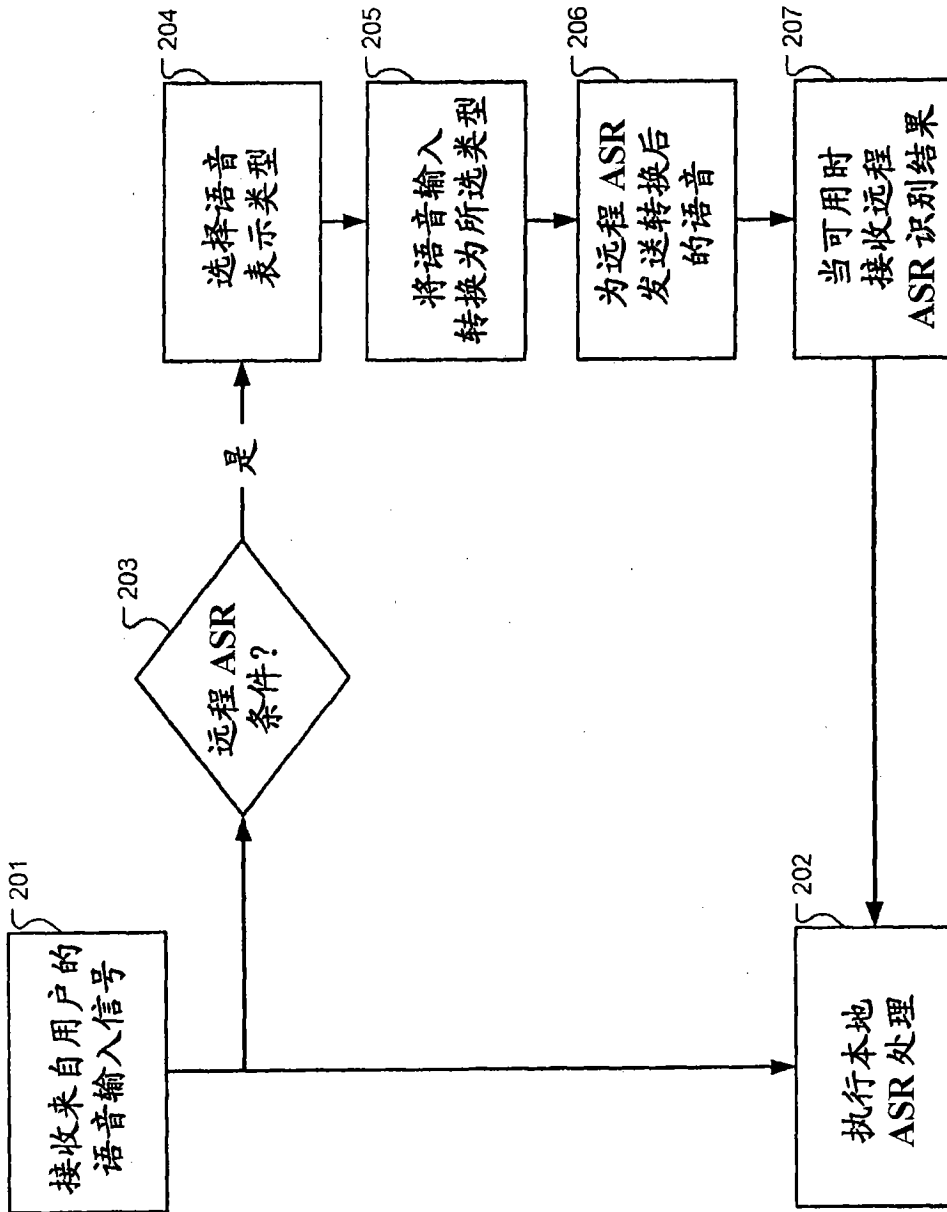


图 2

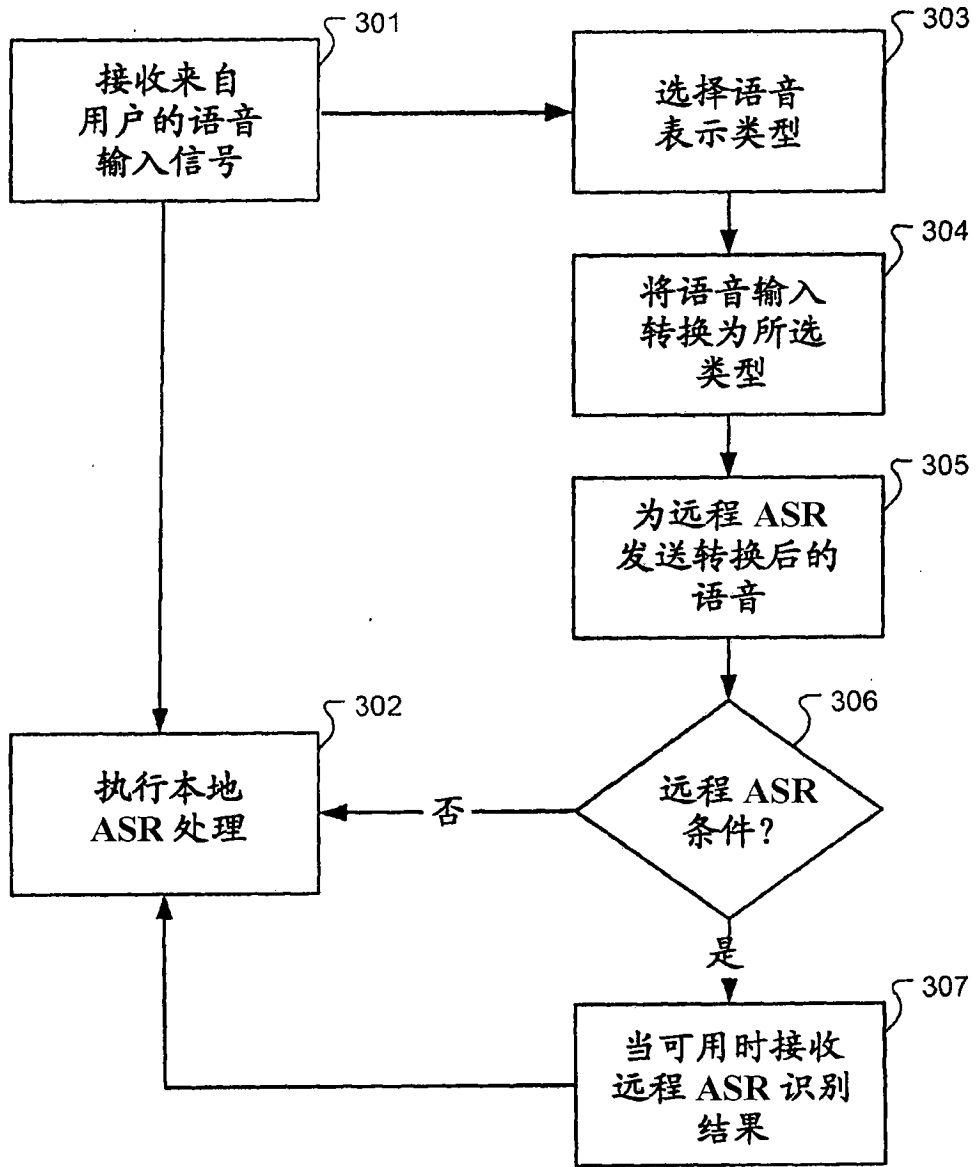


图 3