原理（Principle）

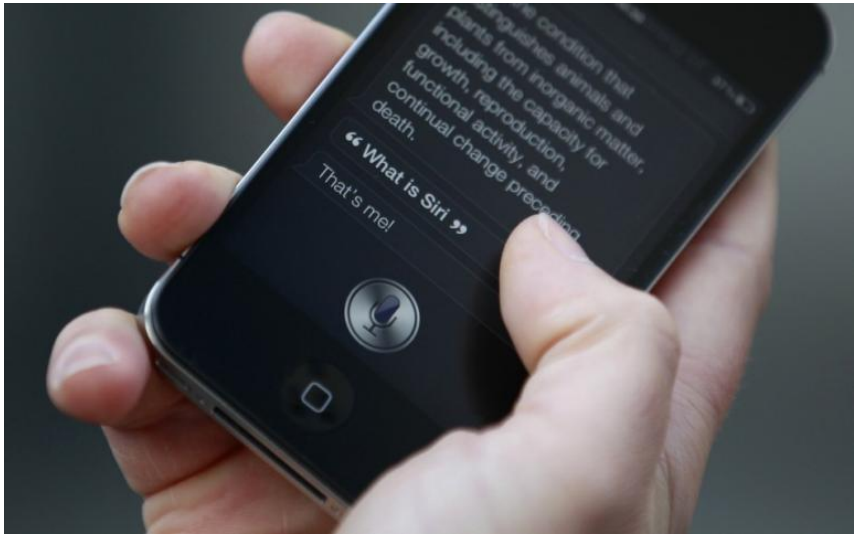
语音识别

陈震

清华大学基础工业训练中心

语音助手

- 语音识别是智能助手的第一步
- 苹果Siri，微软Cortana，谷歌Home，亚马逊 Alex
- 语音识别ASR与问答系统QA

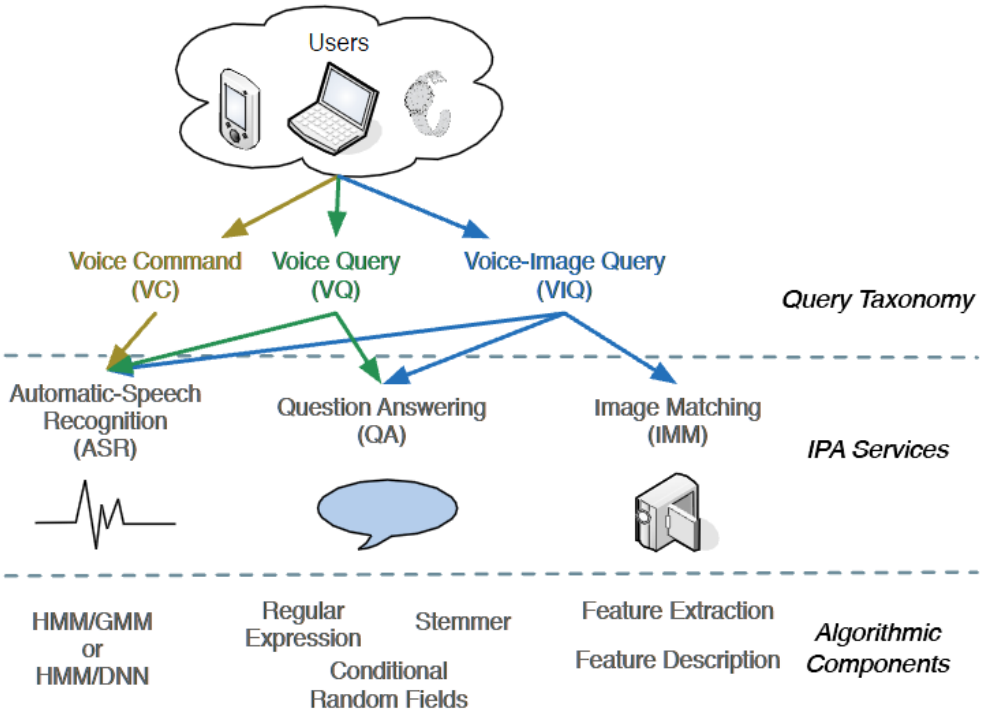


智能音箱

- Smart Echo，A voice interactive device.
- 2014年11月，亚马逊推出了全新概念的智能音箱：Echo。
- 截止到2017年年底，全美共有超过4000万台智能音箱正在使用，其中亚马逊是3000万（Cirp数据）
- 2018年2月1日，美国智能音箱的线上市场份额，Echo全系列占比约70%，Echo show在Echo阵营中占比7%（ intelligence 数据）

语音交互

- 语音控制，语音查询，语音图像查询（演示视频）



语音

[x] Hauswald, Johann, et al. "Sirius: An open end-to-end voice and vision personal assistant." ACM PLOS, 2015.

语音识别与交互

- 科大讯飞/出门问问/思必驰/捷通华声/普强Pachira

- 语音识别（Automatic Speech Recognition (ASR)）
  - 语音（信号波形）→文字（自然语言）

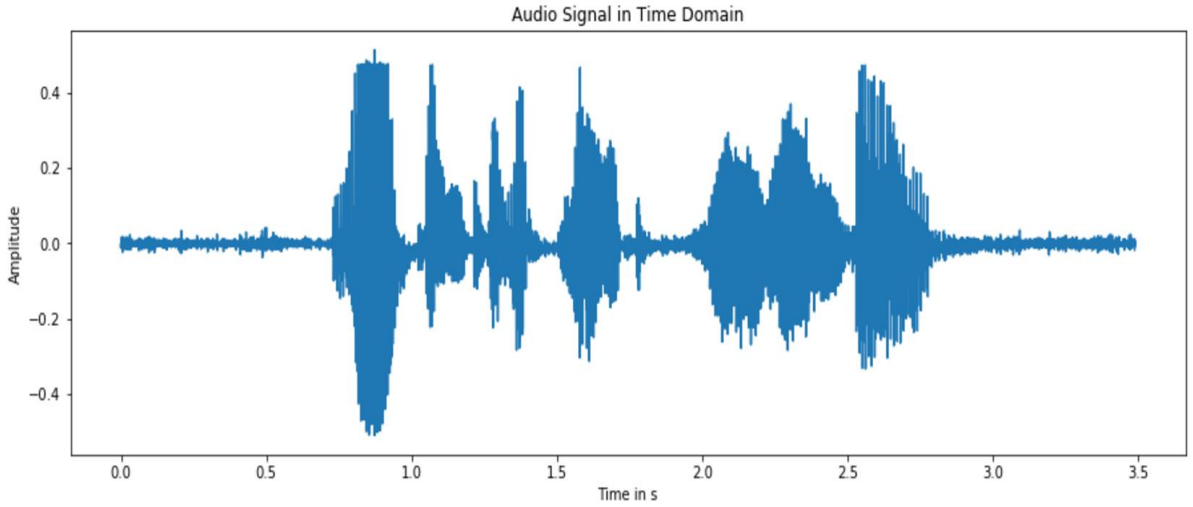
- 语音合成（Text To Speech (TTS) ）
  - 文字（自然语言）→语音（信号波形）

语音信号探究

- 语音信号是声波
- 信号的表示
  - 波形图（Waveform）
  - 频率图（Frequency）
  - 时频谱（Spectrogram）

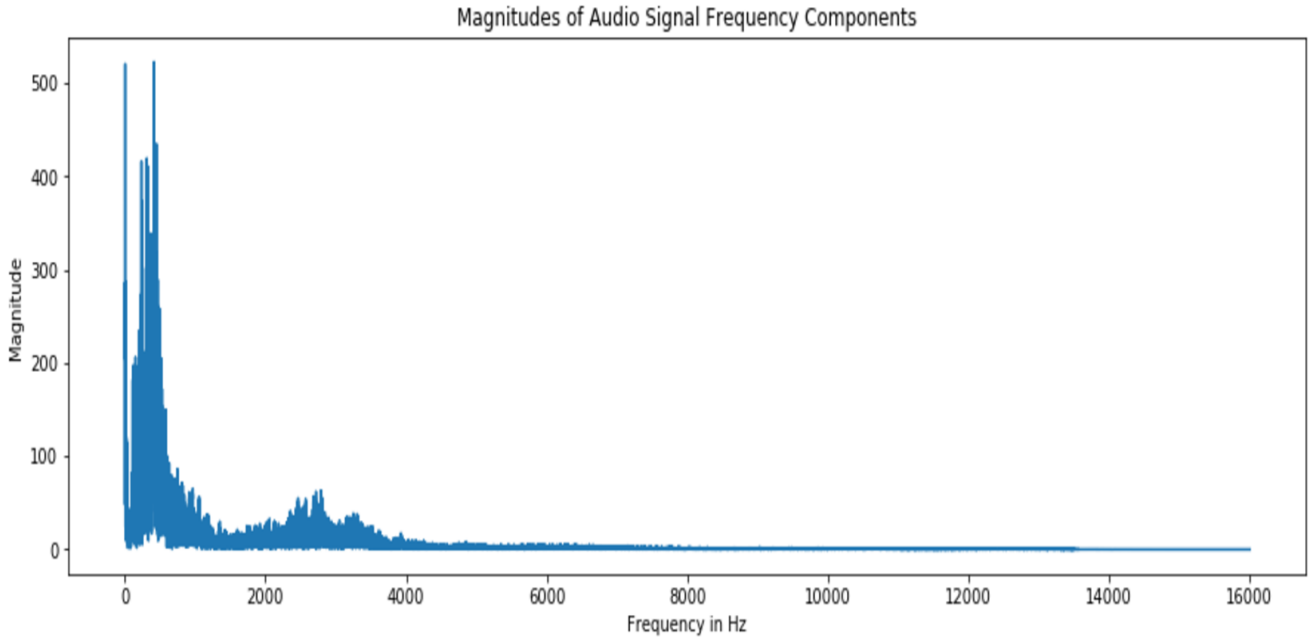
波形图

- 语音信号是时变信号



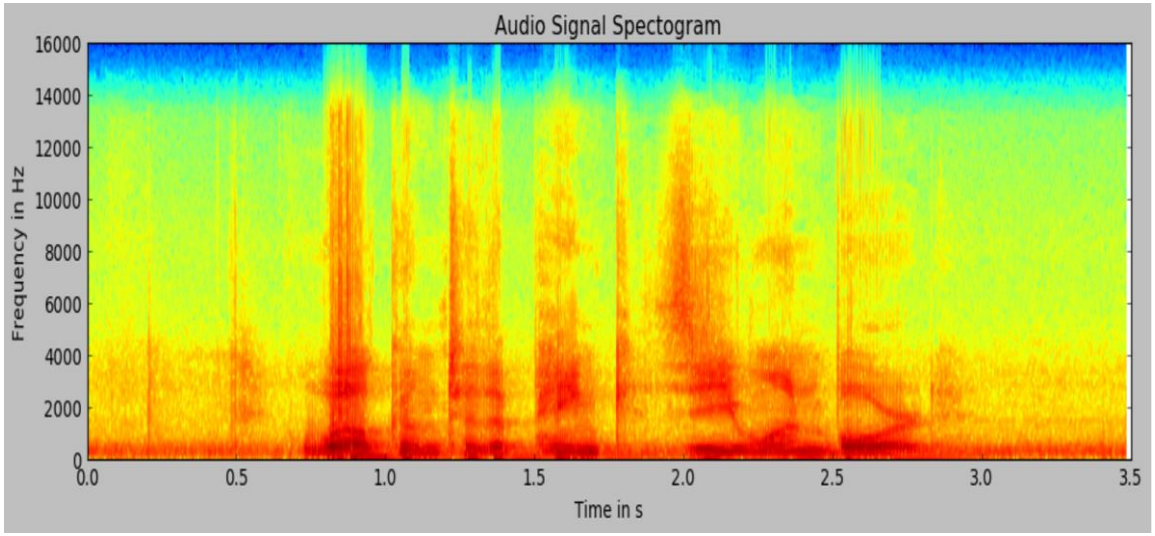
频域图

- FFT（快速傅立叶变换）



时频谱

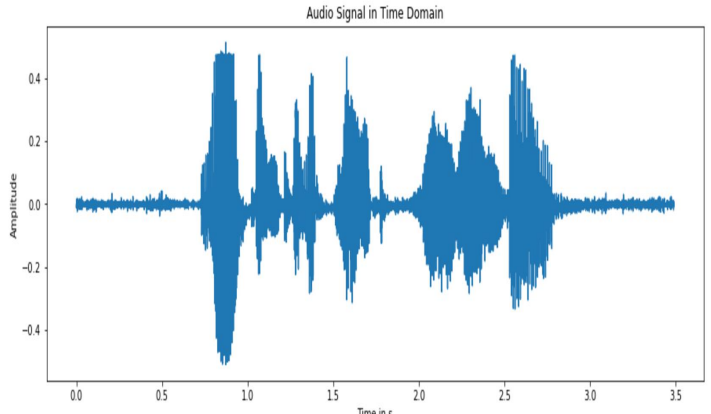
- 将波形文件通过STFFT变换
- 优点：保留了时间与频域的信息



语音识别的本质

- 映射（ Mapping ）：两个集合之间的关系，如满射、单射、一一对应即双射（满射和单射）
- 函数（Function）： 定义x, y 变量，对于每个x数值，按照一定法则总有确定的数值y和它对应，则称y为x的函数，x叫自变量，y叫因变量

语音识别的本质



v=f(t, h1)

拨打电话

w=F(v, h2)=F(f(t, h1), h2)

- w = F(v, h) 函数，其中：
  - v代表语音信号，是t的函数f(t, h1)；其中h1是隐藏变量
  - w代表文字输出；h同样代表权重参数；

语音识别的本质

- 人脑就是一个F(h, x)函数？
- 理论问题：就是如何找到F函数和H参数？
- 实际中，如果找不到精确的F函数和H参数，是否可以找到这些函数的近似
- 函数逼近问题

语音识别

深度学习方法

模型训练

语音识别经典方法

- 语音信号经过短时傅里叶变换（STFFT），把连续语音分解成一组短期向量，然后应用各种变换把这个向量序列变换为一个音素序列，然后变换到字母序列，然后到词汇序列。

语音识别原理

- 经典的语音识别过程
  - 语音信号经过*傅里叶变换STFFT*，把*连续语音*时间上分解成一组*短期向量*，然后应用各种变换把这个*向量序列*变换为一个*音素序列*，然后变换到*字母序列*，然后到*词汇序列*。

- 基于深度学习语音识别
  - 深度学习模型需要训练数据和评价驱动的方法来进行参数优化。

纯DNN模型

- 深度学习用一种通用的神经网络来替代复杂的，多维度的机器学习方法
- 这些神经网络经过训练以后可以用来优化可微分的代价或损失函数（loss/cost function）。
- 这种方法（称为「纯正」的 DNN 方法），已经在语音识别上取得了巨大的成功。
- 拥有了相当多的训练数据和足够的计算资源，就可以构建一个高水准的大词汇量连续语音识别（Large Vocabulary Continuous Speech Recognition (LVCSR)）系统。
- https://www.intel.ai/end-end-speech-recognition-neon/

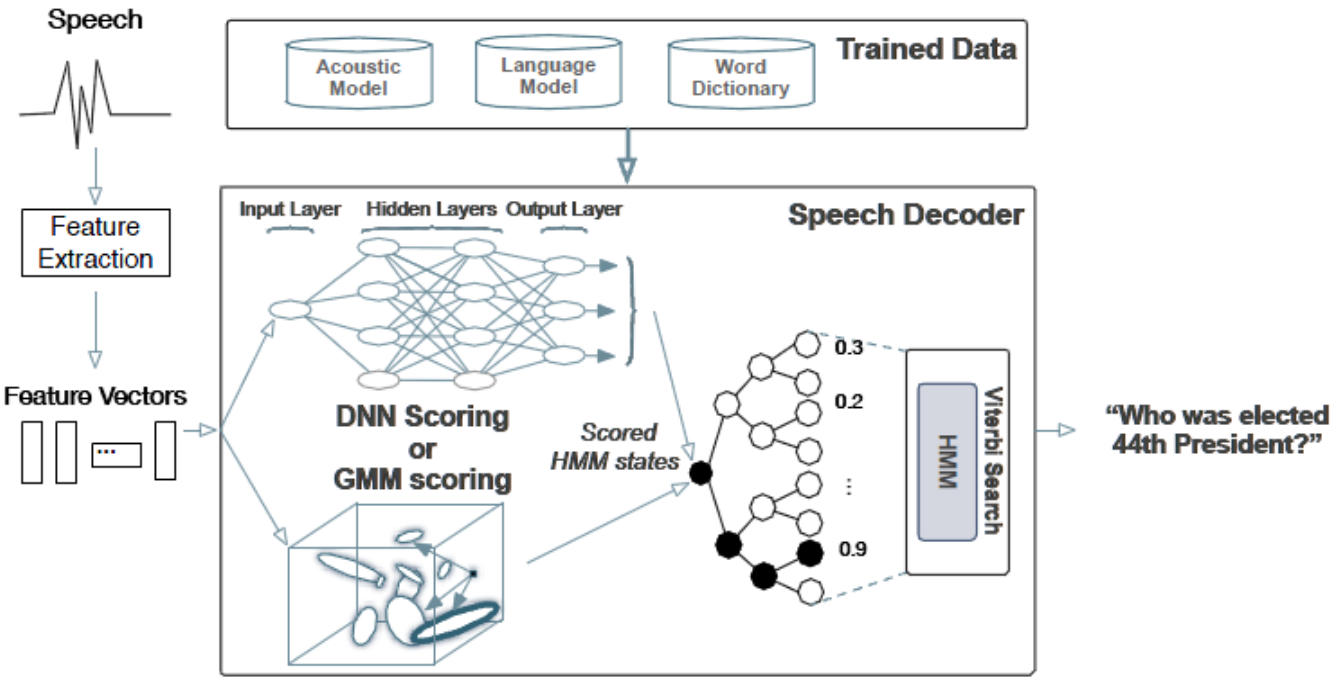
混合模型（合金模型）

- 以往的语音识别引擎采用了一种混合系统来构建。深度神经网络（DNN）与隐藏马尔科夫模型（HMMs），上下文相关模型（context-dependent phone models），n-gram 语言模型（n-gram language models）和维特比搜索算法（Viterbi search algorithms）进行混合使用。

- 这个混合模型比较复杂，需要一套精致的训练方法，以及相当多的专业知识来帮助搭建模型。

基于深度学习方法的语音识别

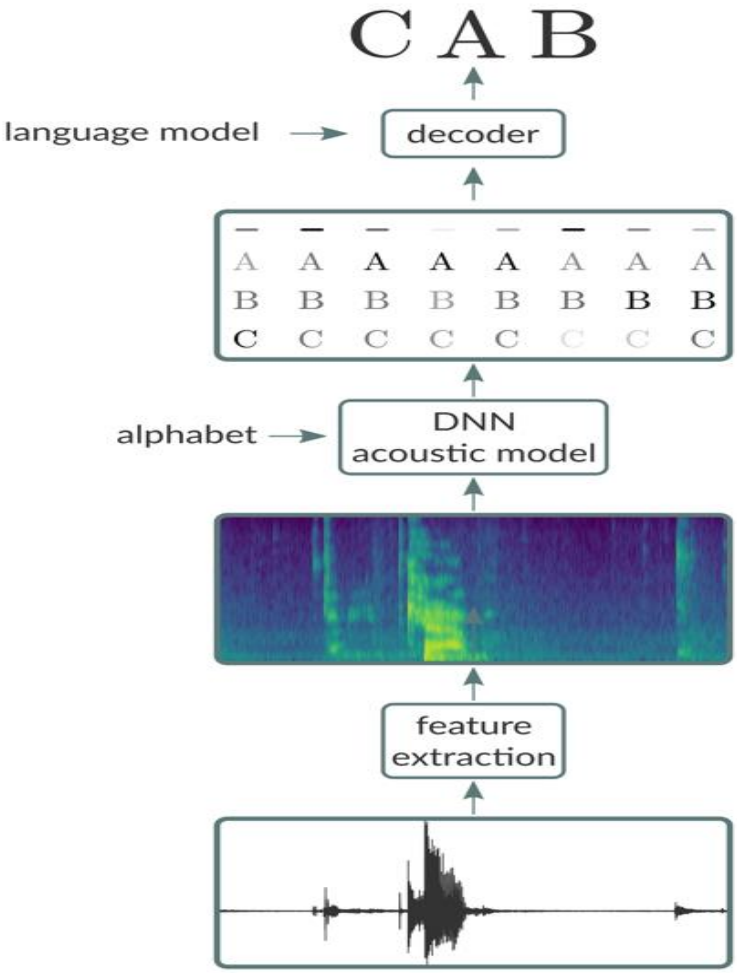
- 基于深度学习的语音识别：语音信号特征提取，神经网络输入，神经网络运算，神经网络输出
- 深度学习使得语音识别错误率在以往最好系统的基础上相对下降了30%或更多，突破了语音识别真正实用的临界点



端到端的语音识别模型

- 端到端语音识别流水线由三个主要部分组成：
- 特征提取：
  - 将原始音频信号（例如，来自 wav 文件）作为输入，并产生特征向量序列，其中有一个给定音频输入帧的特征向量。
  - 特征提取级的输出的示例包括原始波形，频谱图和同样流行的梅尔频率倒频谱系数（mel-frequency cepstral coefficients，MFCCs）的切片。
- 声学模型：将特征向量序列作为输入，并产生以特征向量输入为条件的字符或音素序列的概率的声学模型。
- 采用两个输入（声学模型的输出以及语言模型）的解码器，在受到语言模型中编码的语言规则约束的声学模型生成的序列的情况下，搜索最可能的转录。
- https://github.com/NervanaSystems/deepspeech

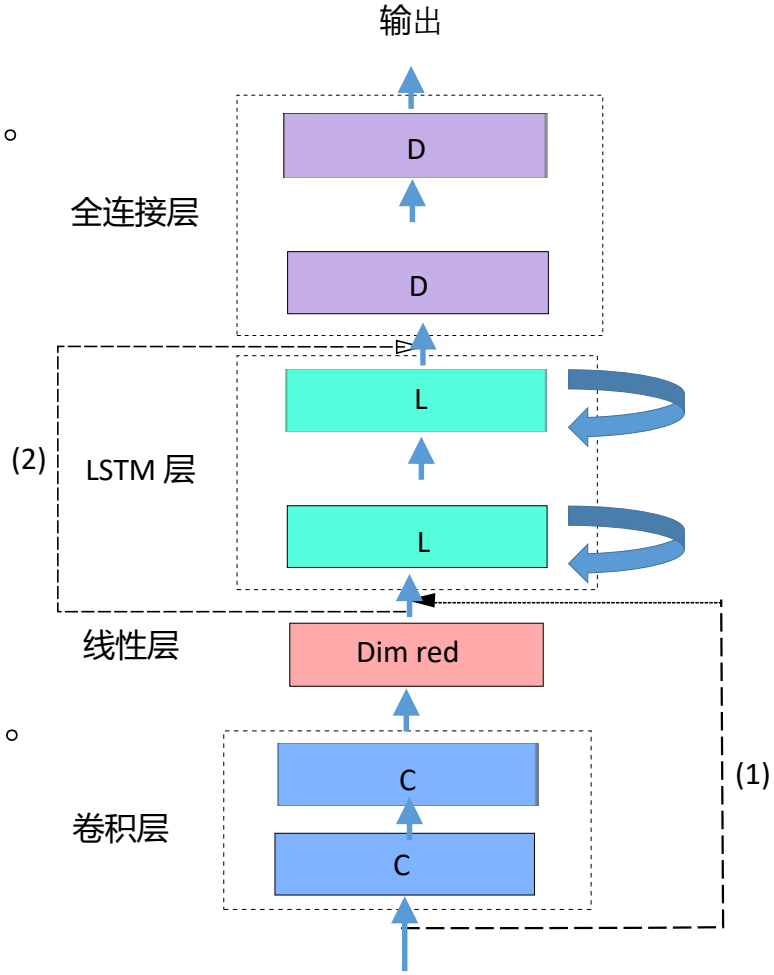
端到端的深度学习模型



https://www.intel.ai/end-end-speech-recognition-neon/

谷歌CLDNN

- CLDNN结合了卷积网络，LSTM和DNN。
  - 当输入信号进行时间域的卷积操作之后，输出数据再进行一次频率域的卷积操作以减少频谱的变化，之后再通过三层LSTM，最后再通过一层DNN。
  - 训练过程中，时间卷积层和其他层会一起进行训练。
- 输入数据为以时间为下标的连续向量。



此次DNN专指为全连接网络

[X] Sainath, Tara N., Oriol Vinyals, Andrew Senior, and Haşim Sak. "Convolutional, long short-term memory, fully connected deep neural networks." ICASSP 2015.

参考文献

- Recent progresses in deep learning based acoustic models, 2017
- Highway-LSTM and Recurrent Highway Networks for Speech Recognition, 2017
- Anchored Speech Detection, 2016
- Connectionist Temporal Classification Labelling Unsegmented Sequence Data with Recurrent Neural Networks, 2006

谢谢指正！

zhenchen@Tsinghua.edu.cn