

双音多频信号合成与识别

实验目的

- 本实验内容基于对电话通信系统中拨号音合成与识别的仿真实现。
- 实验目的
 - 电话拨号音合成的基本原理及识别的主要方法
 - 利用 **MATLAB** 软件以及 **FFT** 算法实现对电话通信系统中拨号音的合成与识别
 - 并进一步利用 **MATLAB** 中的图形用户界面 **GUI** 制作简单直观的模拟界面。

- 在 DTMF 电话机中有 16 个按键，其中 10 个数字键 0 — 9，6 个功能键 *、#、A、B、C、D。其中 12 个按键是我们比较熟悉的按键，另外由第 4 列确定的按键作为保留，作为功能键留为今后他用。

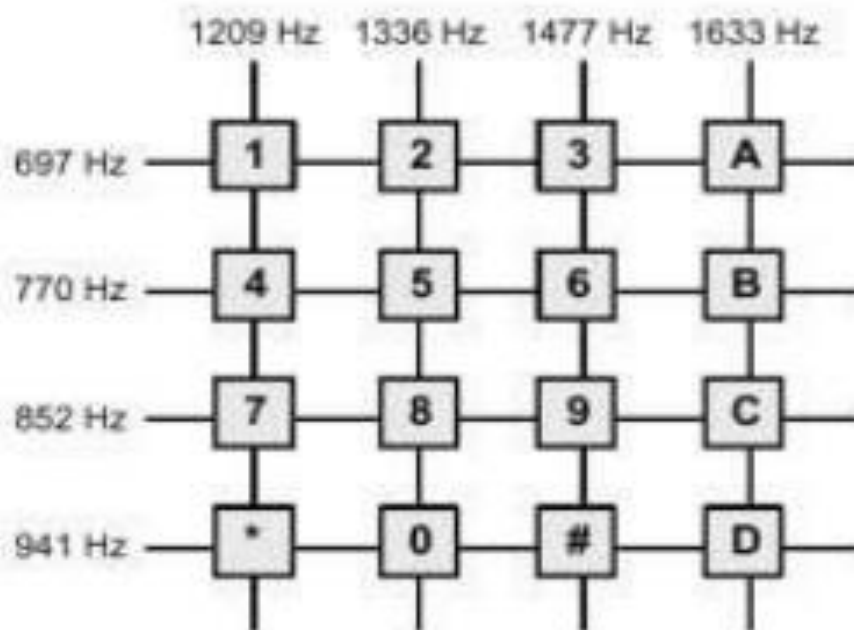


实验原理

- 双音多频 **DTMF** （ **Dual Tone Multi-Frequency** ） 信号，是用两个特定的单音频率信号的组合来代表数字或功能。
- 双音多频信号（**Dual-Tone Multi-Frequency, DTMF**）是电话系统中[电话机](#)与[交换机](#)之间的一种[用户信令](#)，通常用于发送被叫号码。
- 在使用双音多频信号之前，电话系统中使用一连串的断续脉冲来传送被叫号码，称为[脉冲拨号](#)。脉冲拨号需要电信局中的操作员手工完成长途接续。
- 双音多频信号是[贝尔实验室](#)发明的，其目的是为了自动完成长途呼叫。

实验原理

- 双音多频的拨号键盘是 4×4 的矩阵，每一行代表一个低频，每一列代表一个高频。每按一个键就发送一个高频和低频的正弦信号组合，比如‘1’相当于频率为697Hz和1209Hz两个正弦信号的组合。交换机可以解码这些频率组合并确定所对应的按键。



双音多频信号的产生

- CCITT（国际电报电话咨询委员会）对 DTMF 信号规定的指标是，**传送/接收率为每秒10个数字，即每个数字100ms**。代表数字的**音频信号必须持续至少45ms，但不超过55ms**。100ms内其他时间为静音，以便区别连续的两个按键信号。
- 图1所示典型DTMF信号频率范围是700-1700Hz，为满足 Nyquist条件，选取8192Hz的采样频率。即1秒采样8192个点，则100ms采样820个点模拟按键信号。假设用410个点作为产生的DTMF信号，其他410个点的0来表示间隔来模拟静音。以便区别连续的两个按键信号。

数字键对应的信号的产生

- 以产生0为例：
- 已知声音取样频率 $f_s = 8192Hz$ ， 0键对应的行频与列频分别是 $f_L = 941Hz$ 和 $f_H = 1336Hz$ ，
- 产生0的matlab代码
- `n=[1:410]; % 每个数字用 410 个采样点表示`
- `d0=sin(2*pi*941*n/8192)+sin(2*pi*1336*n/8192); % 对应行频列频叠加`
- `space=zeros(1,410); %410 个 0 模拟静音信号`
- `phone=[d0, space];`
- `handles.numsig=[handles.numsig, phone];`
- `guidata(hObject, handles);`

注意： `handles.numsig`需要在OpeningFcn中提前初始化为空矩阵。

功能键对应的信号的产生

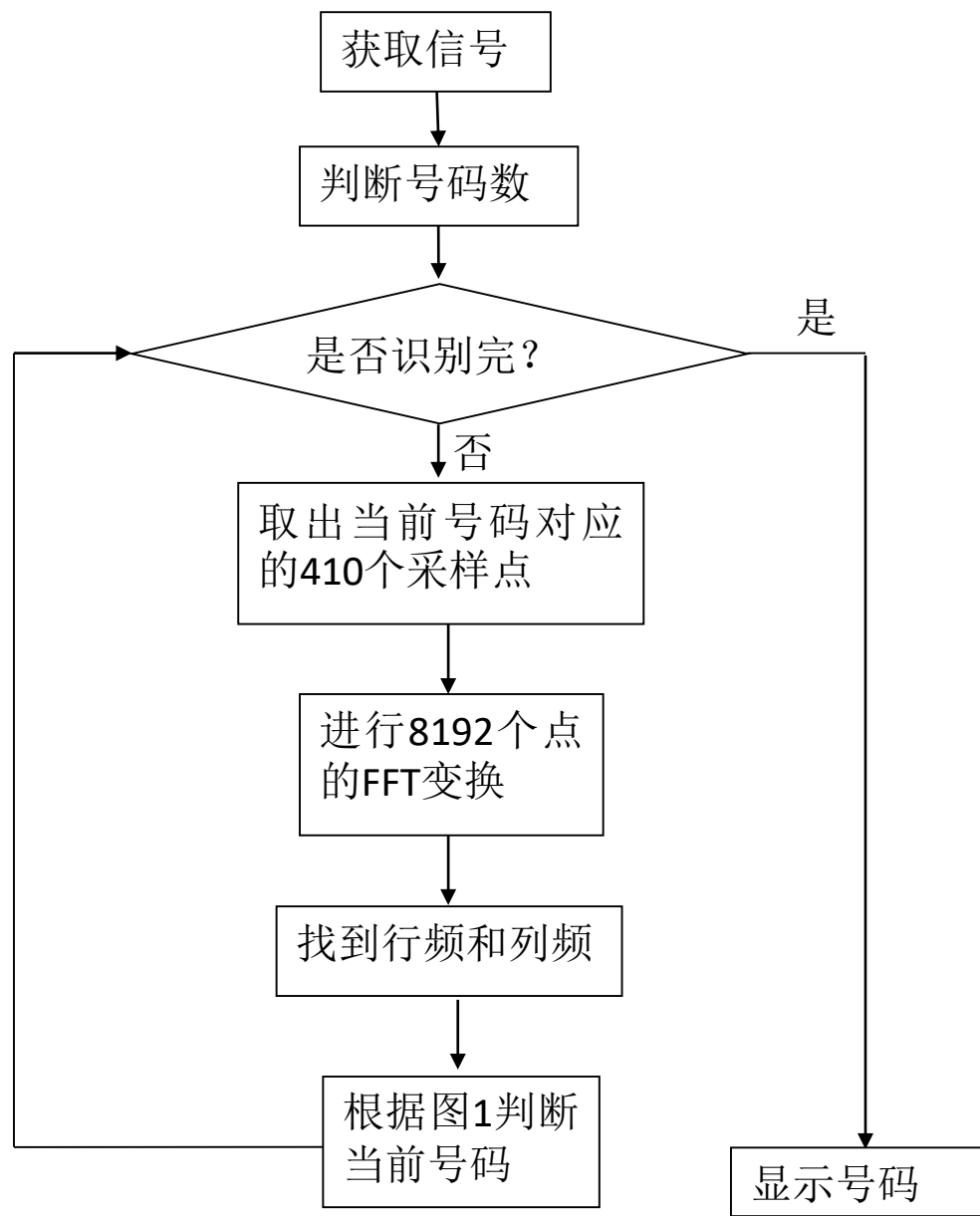
- 对于保留的功能键“*”，其功能包括：
- 1. 将前面拨错的号码删除退回，表现为将显示窗口已经显示的错误号码退回一位数字
- 2. 将连续拨号音信号的存储单元中退回一位拨号音信号和静音信号。删除可以进行连续的操作。

• 删除键实现代码

- `num=get(handles.numshow,'string');` %获得已经按下的键的号码
- `L=length(num);` %计算已经按了几个号码
- `n11=strrep(num,num,num(1:L-1));` %取出前L-1个号码，重新显示
- `set(handles.numshow,'string',n11);` %重新显示
- `%=====`
- **注意补充代码：删除的号码所对应的820个采样点**
- `%=====`
- `n=[1:410];`
- `d11=sin(0.7217*n)+sin(0.9273*n);`
- `sound(d11,8192);` %播放删除键的按键音

双音多频信号的识别

- 首先对接收到的数字信号作 **FFT** 分析，计算出其幅频谱，进而得到功率谱。
- 对于连续的双音多频（**DTMF**）信号，需要把有效的数字拨号信号从静音间隔信号中分割提取出来，然后再用 **FFT** 算法对信号进行解码分析。
- **注意：对于进阶任务中实际的语音文件，首先需要把数字按键对应的有效的时域数据分离出来，再进行频谱分析。**



双音多频信号的识别流程图

1209Hz

1336Hz

1477Hz

1633Hz

697Hz

1

2

3

A

770Hz

4

5

6

B

852Hz

7

8

9

C

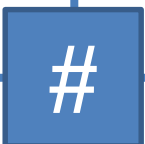
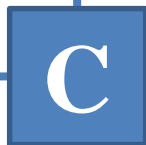
941Hz

*

0

#

D



部分代码：如何用通过频域分析确定拨号数字

```
f=fft(d,8192); % 作 FFT 变换 d是取出来每位拨号音的采样点
a=abs(f);
p=a.*a/handles.fs; % 计算功率谱
num(1)=find(p(1:1000)==max(p(1:1000))); % 找行频
num(2)=1000+find(p(1000:1700)==max(p(1000:1700))); % 找列频
if (num(1) < 730)
    row=1; % 确定行数
elseif (num(1) < 810)
    row=2;
elseif (num(1) < 900)
    row=3;
else
    row=4;
end
```

实验一要求

- **基本任务：**利用GUI设计一个电话拨号界面，包括按键显示和识别后的显示，以及识别速度的显示。根据双音多频信号产生原理，合成用户按键的信号，并识别合成的信号对应的按键。该任务为必做任务，占总成绩的60%。
- **进阶任务：**在基本任务的界面中加入读取语音文件的控件，对给定的一段按键声音，识别出对应的按键，并显示在界面上。该任务为必做任务，占总成绩的40%。其中，验收指标为识别准确率和单位数字的识别速度（总速度/总数字数）。

实验报告要求

- 报告中需要写出进阶任务的识别方法，特别是自动分割按键采样数据的方法