

DTMF 自动侦测系统的研究

戴毅巍 朱梓轩
(金陵中学, 南京)

摘要: 本小组运用“双音多频”原理实现了对电话机拨号音的侦测与记录。运用东南大学提供的 pocketlab 平台采集电话拨号音真实信号, 仅运用简单三角函数知识在 MATLAB 环境下编程实现, 通过上机编程与电话机实机操作的结合, 已成功研制了基于 pocketlab 的实时话机按键音监听设备。并通过多次试验检测, 尽量避免了许多实际操作中由于各种偶然因素产生的误差。例如: 对于快速连续多按键音的监测、对于忙音杂音与按键音的区分、尽量排除话机所在环境外界噪音的干扰、以及将长按同一键与连续间断同一按键的辨别。在电信服务、股市服务种都有广泛应用。

关键词: 自动; 侦测; 监听

1、前言

1.1 选题缘由

2011 年 5 月 1 日, 美国海军特战开发小组 (SEAL 6) 在巴基斯坦贾拉拉巴德市一座庭院里击毙了世界头号恐怖分子, 奥萨马本拉登。但人们在关注海豹突击队作战的高效时, 却不知道这次行动的成功来源于一次对拉登随从电话信号的拦截。电话侦听目前已成为各国反恐怖活动的一个重要手段。这引发了我们对于电话侦测的兴趣。我们项目的目标就是实现一个对电话拨号音进行侦听的系统, 能够自动记录电话里的拨号信息, 达到信息侦听的目标。

这个项目, 将从电话拨号音 DTMF (Dual Tone Multi Frequency) 信号监测开始, 探究电话监测的基本功能的实现。实际上, 对电话拨号音的应用已经不只限制于拨号了, 很多电话语音服务系统都使用了这个功能, 例如电信 10000 号、移动 10086 的语音服务系统, IP 卡电话, 银行电话语音服务等。所以, 对电话拨号音的识别有着很大的直接使用价值。

1.2 双音多频简介

双音多频 DTMF (Dual Tone Multi Frequency), 双音多频, 由高频群和低频群组成, 高低频群各包含 4 个频率。一个高频信号和一个低频信号叠加组成一个组合信号, 代表一个数字。DTMF 信号有 16 个编码。利用 DTMF 信令可选择呼叫相应的对讲机。

图 1 高低频参照表

低群/Hz	高群/Hz			
	1209	1336	1477	1633
697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*	0	#	D

DTMF 信号最先用于程控电话交换系统来代替号盘脉冲信号，主叫用户摘机按键拨号后，电话号码所对应的 DTMF 信号通过电话线传到程控交换机中的 DTMF 接受电路，交换机中的微机识别被叫电话号码后，接通主被叫用户实现双方通话。DTMF 信号还用于自动控制系统，如果把 DTMF 的发送电路用于主控系统，接收电路用于被控系统，就可以方便地组成有线或无线通信系统，其通道数视需要而定，16 通道以内每通道只需编一位号码即可，若需要更多通道，则可像电话号码编号一样编为两位或两位以上的号码。DTMF 信号还被用于部分型号的车载导航终端，用于远程下发目的地坐标信息。

1.3 已有研究的评述

经过查找资料，我们了解到一般的研发者都采用傅立叶变换的方法，即通过调用相应函数将电话拨号音信号 $f(t)$ 由时间函数转变为频率函数 $f(w)$ ，便可以分离出组成拨号音信号的相应数字的高频和低频，从而辨别相应数字。（《数字图像处理原理与实践（MATLAB）》电子工业出版社）鉴于傅立叶变换属于大学知识，我们小组仅利用高中三角函数知识——三角函数的正交性解决该问题。

1.4 采用设备

口袋实验室（Pocketlab）由东南大学信息科学与工程学院研发，主要由 PocketLab 硬件和 PocketLab 软件配套组成，配合相应的软件，可以实现示波器、信号发生器、逻辑分析仪、电源、系统特性分析仪、直流电源、直流电压表等多种功能，可以用于高校中的电路、电子线路、电子技术、信号与系统等方面的实验课程课程，也可以用于中学物理课程以及中小学课外兴趣活动。同时，它也提供了用于计算机端二次开发的控制接口协议，可供用户通过 C++、Labview、Matlab 等软件进行二次开发，构成其它的测量、控制系统。其具有价格低、体积小、精度高等特点。同时，它也可以用于一些实际系统的数据采集、模拟与数字控制。

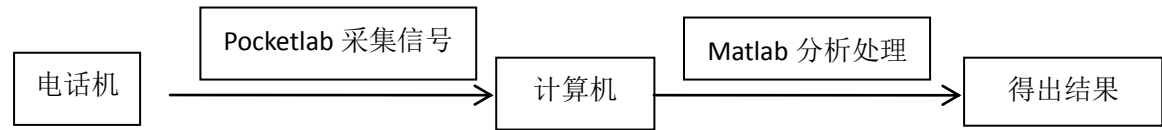


图 2 pocketlab 实验盒

1.5 采用手段和方法

实验方法

我们通过 Pocketlab 在一段时间内准确采集真实的信号，并将其转换为数据，存储在电脑中。然后设计算法，并用 Matlab 对信号数据进行分析处理，最终得出所按的是什么键。



1.6 成果和意义

侦听系统能够准确识别出拨号时用户按下的按键号码、按键次数与按键顺序。程序操作方便，可以作为一个简易的监听装置，还可用于生活语音服务如电信 10000 号、移动 10086 的语音服务系统，IP 卡电话，银行电话语音服务等。

2. 研究过程

2.1 基本前提

(1)电话拨号工作时基于 DTMF 双音多频。

(2)系统仅侦听数字按键 0~9。

(3)侦听系统需要对通过 Pocketlab 采集电话机拨号时产生的电信号，并对得到的数据进行信号分析，从中寻找、辨认是否存在上述表格中的高低频信号，并根据高低频信号的组合方式，判断是否有按键按下以及是哪些按键被按下、按下的次数是多少。

表 1 高低频参照表

频率 Hz	1209	1336	1477	1633
697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*	0	#	D

2.2 理论基础

2.2.1.积化和差公式

(1)积化和差公式： $\cos \alpha \cos \beta = \frac{1}{2}(\cos(\alpha + \beta) + \cos(\alpha - \beta))$

$$\cos \alpha \sin \beta = \frac{1}{2}(\sin(\alpha + \beta) - \sin(\alpha - \beta))$$

(2)三角函数关系： $\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha = 1$

(3)因为三角函数为具有对称性的周期函数，因此在整周期内， $y = A \cos(\omega t + \varphi)$ ($\omega \neq 0$)

的平均值 $\bar{y}$ 应该为 0。但如果 $\omega = 0$ ，则 $y = A \cos \varphi$ 是一个常数，有最大值 A

2.3 假设与条件

(1)正常情况下，电话中的噪声，杂音相比按键的波要小很多，先不给予过多的分析和考虑。

(2)若存在噪噪声，我们假定它为高斯白噪声。

2.4 建立模型

根据 DTMF 的原理，每个电话机的按键按下时，Pocketlab 可以采集到一个由两个不同频率正弦波叠加而成的信号，如下图所示。侦听系统需要根据 DTMF 的表格，分析得到信号中所含信号的频率，从而判断按键号码。

在理想情况下，不妨设原信号为 $y_1 = A_1 \cos(\omega_1 t + \varphi_1) + A_1^* \cos(\omega_1^* t + \varphi_1^*)$ ，其中 ω_1, ω_1^*

分别为高频和低频的频率，初相位 φ_1, φ_1^* 是未知的且与时间有关的。这时如果将原信号与另

一个信号 $y_2 = A_2 \cos(\omega_2 t + \varphi_2)$ (φ_2 的值可以人为调控) 相乘，可以得到

$$y_1 \cdot y_2 = \frac{A_2}{2} (A_1 (\cos((\omega_1 + \omega_2)t + (\varphi_1 + \varphi_2))) + \cos((\omega_1 - \omega_2)t + (\varphi_1 - \varphi_2))) + A_1^* (\cos((\omega_1^* + \omega_2)t + (\varphi_1^* + \varphi_2))) + \cos((\omega_1^* - \omega_2)t + (\varphi_1^* - \varphi_2)))$$

。

若 $\omega_2 \neq \omega_1$ 且 $\omega_2 \neq \omega_1^*$ ，则

$$\begin{aligned} \overline{y_1 \cdot y_2} &= \frac{A_2}{2} (A_1 (\cos(2\omega_1 t + (\varphi_1 + \varphi_2))) + \cos(\varphi_1 - \varphi_2)) + A_1^* (\cos((\omega_1^* + \omega_2)t + (\varphi_1^* + \varphi_2))) + \cos((\omega_1^* - \omega_2)t + (\varphi_1^* - \varphi_2))) \\ &\approx 0 \end{aligned}$$

(误差极小)

若 $\omega_2 = \omega_1$ ，则

$$\begin{aligned} \overline{y_1 \cdot y_2} &= \frac{A_2}{2} (A_1 (\cos(2\omega_1 t + (\varphi_1 + \varphi_2))) + \cos(\varphi_1 - \varphi_2)) + A_1^* (\cos((\omega_1^* + \omega_2)t + (\varphi_1^* + \varphi_2))) + \cos((\omega_1^* - \omega_2)t + (\varphi_1^* - \varphi_2))) \\ &\approx \frac{1}{2} A_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2) \end{aligned}$$

(误差极小)。但是由于未知的 φ_1 的影响，很有可能使 $\varphi_1 - \varphi_2$ 接近 $\pm \frac{\pi}{2}$ ，这样相同频率的

的 $\overline{y_1 \cdot y_2}$ 也几乎为 0，无法与不同频率区分，从而会造成误判。这时，只需将 φ_2 取 $[0, \pi]$ 内

不同的数，并寻找 $\overline{y_1 \cdot y_2}$ 平均值绝对值 $|\overline{y_1 \cdot y_2}| = \frac{1}{2} |A_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2)|$ (关于 φ_2 的周期为 π 的函数) 的最大值，就能产生明显的区别，避免了相位造成的干扰。

2.5 实验方法

我们通过 Pocketlab 在一段时间内准确采集真实的信号，并将其转换为数据，存储在电脑中。然后设计算法，并用 Matlab 对信号数据进行分析处理，最终得出所按的是什么键。



2.6 实验过程

2.6.1. 实验器材

pocketlab 平台、笔记本电脑、windows2007 系统、MATLAB2015a 软件、孟桥教授办公室电话机一部、电话线一根、电容一个、电话线接头转换器一个。

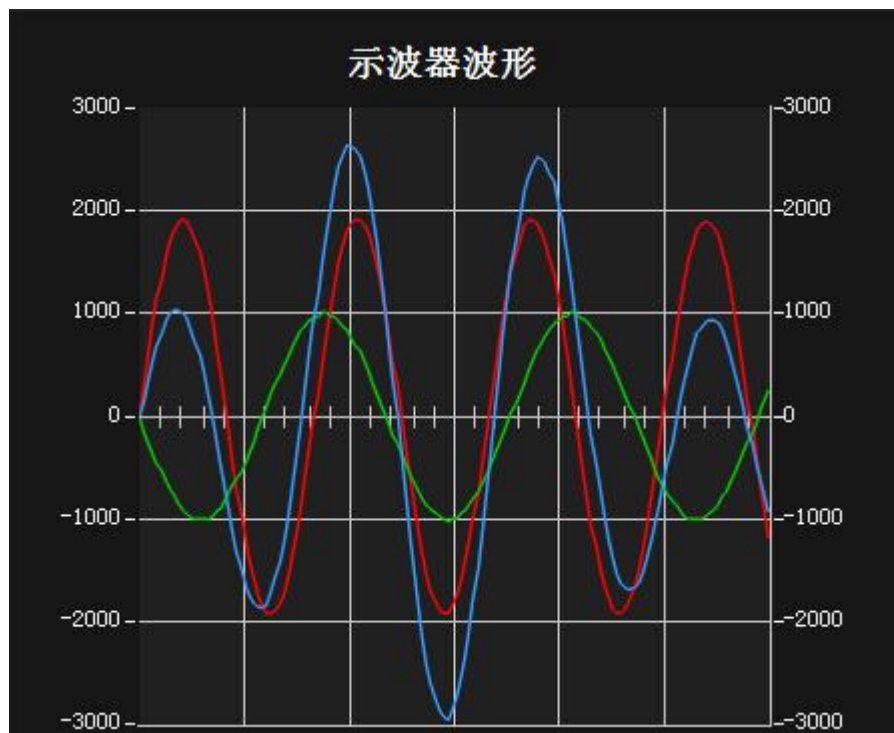
- (1) 将 Pocketlab 连接至电脑，将电容器连接在电话机与 Pocketlab 间
- (2) 打开 Pocketlab, Matlab
- (3) 运行程序并按电话键采集信号
- (4) 计算机处理并输出结果

2.6.2.实验原理

DTMF (Dual Tone Multi Frequency), 双音多频, 由高频群和低频群组成, 高低频群各包含 4 个频率。一个高频信号和一个低频信号叠加组成一个组合信号, 代表一个数字。

在示波器上我们会发现，电话机上的每一个按键下去都会产生一个不同的波形，这让我们意识到可以从接收到的波形反推出所按的键。我们就是将要依据这种原理实现对电话拨号信息的监控。（波形截图）

图 3 示波器截图

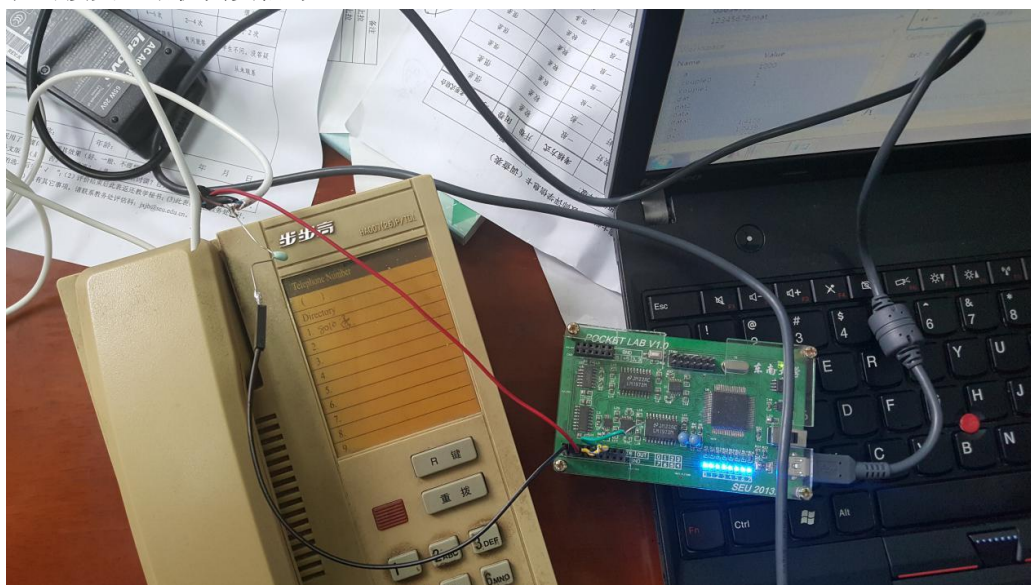


2.7 实验算法的主要内容

对信号进行乘法运算后，通过函数值累加后求平均，并通过改变初相得到平均值的最大值。通过逐一带入，比较。最后通过对应法则，输出所按的键。程序算法是：

2.7.1 单个数据监测

(1)用电话线转换器在电话机上并联接入一段接入了电容的电话线，将电容接入 pocketlab 平台从而接受电话机真实信号



(2)将信号存为 data.由于取样频率为 50 khz 在电脑上显示出的是离散信号,及相邻两点间

隔为 20 微秒，设其数据长度为 n 个点。

(3)分别检测出真实信号中包含的高频信号和低频信号：

①将拨号盘上的 1——9 建的低频信号 697、770、852、941 存于数组 $f_low()$ 中；高频信号 1209、1336、1477、1633 存于数组 $f_high()$ 中；将 1——9 按拨号盘顺序存在二维数组 $number(,)$ 中，行为低频，列为高频。

②进行三次循环，变量为 k ：

每次由计算机分别生成一个间隔同为 20 微秒的余弦信号和正弦信号,频率为 $f_low(k)$ ，分别将该正、余信号与真实信号相乘，将所得信号求平均，记为 $s1$ 和 $s2$ ， s 为 $s1$ 与 $s2$ 的方均根。记录下的使 s 最大的 $f_low(g)$ 即为该音所对应的低频，。

在每次循环中以同样方式记录对应的高频 $f_high(h)$ 。

(3) $number(g,h)$ 即为该信号所对应的数字。

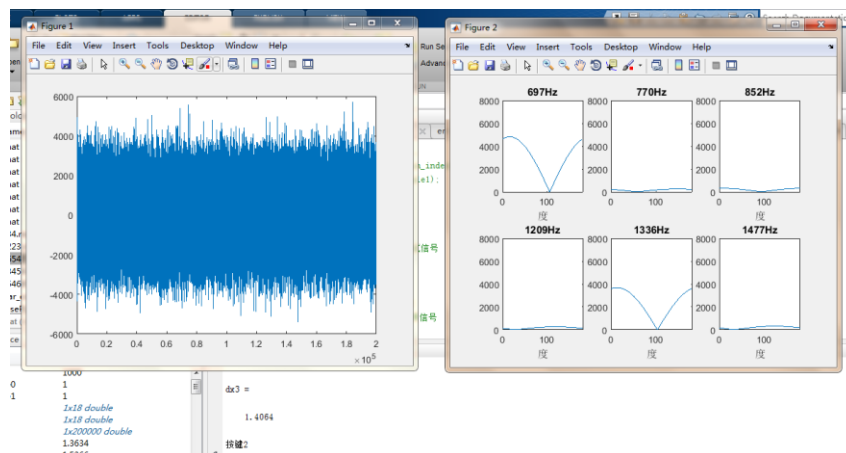


图 4 数字“2”及其对应高（1366hz）低（697）频率中的最适初相位（角度制）

2.7.2 记录多个连续数字（辨别按键音与非按键音）

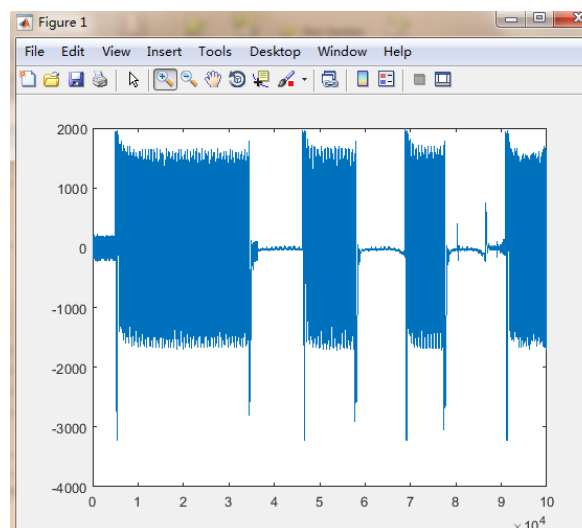
(1)经过试验检测，人手间断按键最小间隔在采集数据中大约占据 6000 个点（图）

(2)采用标记变量 $k, k+6000, k$ 每次增加 1000.截取 $k \rightarrow k+6000$ 之间的点，将所得信号的绝对值积分后求平均得 $s0$ ，若 $k=k+1$ 与 $k=k-1$ 时的 $s0$ 值的等差中项与 k 的 $s0$ 相差并不大（程序中设为 1.5 倍——因为由实验测得数字信号与忙音、无声时的振幅相差远大于 1.5 倍（图）

(3)若满足 2 的条件，则判为按键音。则进行（一）的操作确定该数字。将该数字存为 $dat(i)$ 否则 $dat(i)$ 即为 1000（不记为 0 因为避免最后打出 0）。

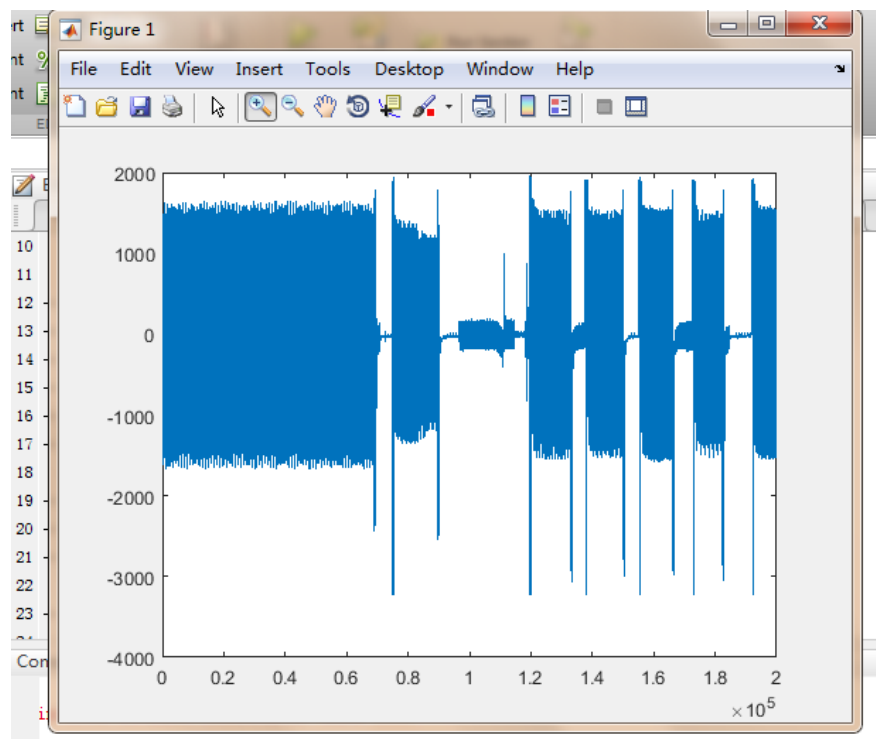
(4)顺序输出 dat 数组中所有不为 1000 的值。

图 5(1234)



2.7.3 辨别一直长按一个键和两次按同一个键

按照（二）中原理，长按同一键 x ， dat 中记录为【1000,x,x,...,x,x,1000】，若有间隔 dat 中记为【1000, x,x,x,1000,x,x,x】。所以只需从后往前判断，若 $\text{dat}(i)=\text{dat}(i+1)$ ，删除 $\text{dat}(i+1)$ ；这样即可辨别一直长按一个键和两次按同一个键。



(0365479)

2.8 遇到的实际问题及解决方式

2.8.1 误区

寻找各个生成的高低频率信号与原信号相乘后取平均所得 s 值大致范围，通过各个判断寻找相应的高低频，确定数字。

困难：个别低频信号所得 s 值波动范围有所重叠，容易引发误判。尤其是 1 与 4 的误判、1 与忙音的误判。

解决方式：对于同一真实信号，将所有生成信号与之相乘取平均值 s ，寻找使 s 最大的频率信号，即为所对应的高低频率。

2.8.2

困难：有时振幅较大的杂音已被误判为“1”的低频信号

解决方式：设置 1 的低频阈值为 700，小于 700 的判为杂音、

2.8.3

误区：将生成信号与原信号直接相乘取平均。

困难：截取的离散数据长度有限，具有不同初相位，与具有固定初相的生成信号相乘取平均值波动范围较大，容易相互重叠，会造成大量误判、

解决方式：（1）分别取同一相位、频率、振幅的正、余弦函数与原信号相乘，取较大值。由于正、余弦相差 $\pi/2$ 的相位，希望有所改进。——结果仍出现少量差错。

（2）在 0 到 π 之间寻找到一个可能使平均值最大的初相——可行。

(另：此算法时间复杂度较大，一度被作为我们的最终算法，但是最终被放弃)

2.8.4

困难：例如片段长 n 为 6000，前后两个长度为 6000 的区间 a_1 ， a_2 ，若一段长为 6000 的按键音前 3000 个点落在 a_1 内，后 3000 个点落在 a_2 内，若按键音音振幅较大，则 a_1 、 a_2 中的均值均大于阈值 700，却又不足以大到对应的高低频，易引发误判。

解决方式：采用标记变量 $k, k+6000, k$ 每次增加 1000. 截取 $k \rightarrow k+6000$ 之间的点，将所得信号的绝对值积分后求平均得 s_0 ，若 $k=k+1$ 与 $k=k-1$ 时的 s_0 值的等差中项与 k 的 s_0 相差并不大（程序中设为 1.5 倍——因为由实验测得数字信号与忙音、无声时的振幅相差远大于 1.5 倍（另：此算法时间复杂度较大，不过已经记录下真实信号，计算时间长短不是特别重要。）

困难：辨别一直长按一个键和两次按同一个键

2.9 实验结果

接下来，我们要能分辨出是一个长音，还是几个同一个数字的短音。为此，我们采用了逐段分析，前后对比，确定了判定条件，最终也达成了目的。最后，我们想检测一下程序的抗噪能力，为此我们在程序中加入了一个高斯白噪声，且最大幅度接近于原信号的幅度，通过多次检测，我们发现该算法有不错的抗噪能力，这也是我们所未刻意要求的。总之，实验结果令人比较满意。

[illegible]

图 6 连续多键

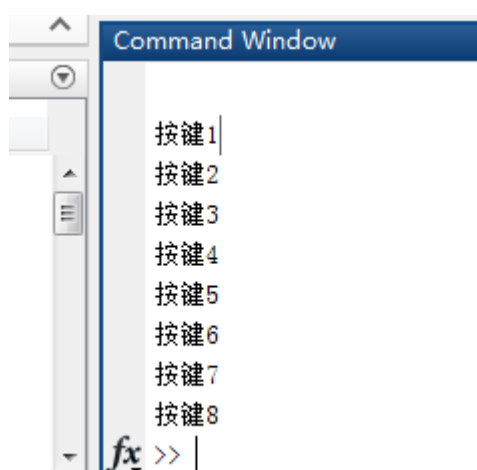


图 7 连续同一个键与不同的键



结 论

我们通过 pocketlab 采集拨号音真实信号，在 MATLAB 中仅运用高中数学的积化和差知识以及除中信息学竞赛编程知识独立完成了对所截取的电话真实信号的侦测、分析与记录。

由实验可知，对于 DTMF 信号的分析处理是可以实现的，而且操作起来较为方便，整个算法简单易懂，原理清楚明白，正常高中生都能理解其内涵，可以作为一个较为实用的处理装置。

本小组运用“双音多频”原理实现了对电话机拨号音的侦测与记录。运用东南大学提供的 pocketlab 平台采集电话拨号音真实信号，仅运用简单三角函数知识在 MATLAB 环境下编程实现，通过上机编程与电话机实机操作的结合，已成功研制了基于 pocketlab 的实时话机按键音监听设备。并通过多次试验检测，尽量避免了许多实际操作中由于各种偶然因素产生的误差。例如：对于快速连续多按键音的监测、对于忙音杂音与按键音的区分、尽量排除话机所在环境外界噪音的干扰、以及将长按同一键与连续间断同一按键的辨别。

为了消除初相的影响，若不加入对 φ_2 的搜索，我们部分发现计算结果总是会存在偏差

通过按算法步骤逐一演示，我们发现了问题所在，并加入了对 φ_2 的搜索，成功解决了初相问题，并能够检测出长时间按一个键的情形。

但是此算法时间复杂度较大，一度被作为我们的最终算法，但是最终被放弃）分别取

同一相位、频率、振幅的正、余弦函数与原信号相乘，取较大值。由于正、余弦相差 $\pi/2$ 的相位，虽有所改进，结果仍出现少量差错。经过分析，应该将两数平方后再相加，经过实验验证此方法效率极高。

但是，我们未给程序设定 24 小时一直运行的指令。因为考虑到那样只需要嵌套一个死循环，理论上完全可行。不过测试时不够方便且占用电脑内存过大，而且意义不是非常大，就没有附加这一功能。

最后，我们想检测一下装置的抗噪能力，为此我们在程序中加入了一个高斯白噪声，且最大幅度接近于原信号的幅度，通过多次检测，我们发现该算法有不错的抗噪能力，这也是我们所未刻意要求的。总之，实验结果令人比较满意。

该系统在电信服务、股市服务种都有广泛应用。当代社会，信息交流发达。该方案可作为获取信息的一个手段，收集，调查到我们所需要的信息，甚至能够用来监听。而且设施简单，操作起来较为方便。

致 谢

感谢孟桥导师对于我们选题方向的启发与指导。

感谢张添翼学长在实际操作层面对我们进行的指导，为我们答疑

感谢组员的合作，互相帮助，使我们顺利完成了任务。

感谢学校给予我们这次机会，体会科学研究的过程，培养对信息工程的兴趣。

Abstract: Using "DTMF" principle, the team finished the realization of the telephone dial tone detection and recording. Southeast University provided pocketlab use platform gathering the telephone dial tone signal true, using only simple knowledge of trigonometric functions and programming in MATLAB environment. Through a combination of programming and telephone machine real machine operation, we have successfully developed a real-time based on the phone keys pocketlab sound monitoring equipment. And through several tests to detect and avoid many errors in practice due to various contingencies arising. For example: For monitoring the rapid succession of multi-key tone, busy tone to distinguish between noise and key tone, try to eliminate the interference of outside noise in your environment telephones, and will press the same key with the same key continuously interrupted discrimination. In telecommunications services, stock market services are widely used species.

参考文献：

- [1] 刘浩 韩晶 编著《MATLAB r2012a 完全自学一本通》 电子工业出版社
- [2] 左飞 著《数字图像处理原理与实践（MATLAB 版）》 电子工业出版社

Android 手机游戏 2048 设计与制作

黄磊

(金陵中学, 南京)

摘要: 近年来, Android 系统在手机市场长期占据主导地位, 应运而生的掌上游戏市场也日益火爆。因此本文基于 Eclipse 集成开发平台, 使用 Java 语言编写 2048 游戏, 这款游戏拥有更加清晰的界面并且带有动听的背景音乐, 是闲暇之余的娱乐休闲极佳选择。本文主要叙述 2048 游戏的设计和编码过程, 并就一些具体的问题给出解决方法。

关键词: Android; 2048; Java; 休闲

1、绪论

1.1 选题背景

据 Gartner 公布的最新报告显示, 二零一五年第三季度 Android 系统仍在全球市场上占据领导地位, 份额高达 84.7%, 出货量近 3 亿部。目前 Android 的开发商主要包括 Google 和开放手持联盟, 这些公司保证了 Android 平台发展良好的前景。Android 平台为开发者提供完整的技术支持, 具有开放性, 其应用商店对于开发者开发的 APK 不作过分严格的审查, 有利于开发者得到更好的市场反馈。在此条件下 Gabriele Cirulli 于 2014 年开发出了 2048, 在极短的时间内取得了市场的极大反响, 其规则简单易懂, 其简单的界面, 更新空间较大^[1]。

1.2 选题目的

设计并完成 2048 游戏的制作

1.3 核心方法

本课题的核心是程序的编写。Android 软件开发主要使用的是 Java 语言, Java 是一种可以撰写跨平台应用程序的面向对象的程序设计语言。Java 技术具有卓越的通用性、高效性、平台移植性和安全性, 广泛应用于 PC、数据中心、游戏控制台、科学超级计算机、移动电话和互联网, 同时拥有全球最大的开发者专业社群。开发平台为 Eclipse, Eclipse 是一个开放源代码的、基于 Java 的可扩展开发平台, 可以当作当作 Java 集成开发环境 (IDE) 来使用。

1.4 步骤思路

界面设计, 规则设计, 导出程序, 发现问题, 解决问题, 优化代码。

1.5 成果

设计并制作出了一款界面清晰, 附有东南大学和金陵中学校徽的带背景音乐的 2048 游戏。

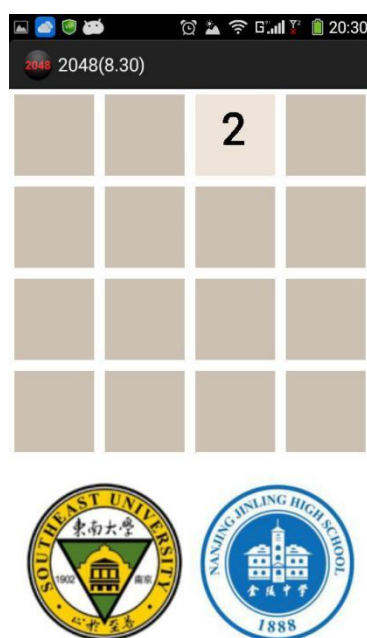


图 2 结束界面

2、设计与实现方法

2.1 界面的设计与实现

2.1.1 选择沿用经典的 4*4 正方形方格

选择 4*4 而不选择 3*3 或以下主要是基于对游戏可操作性的考虑,选择过少的方块数会使得游戏很快结束;而不选择 5*5 或以上主要是基于对游戏难度的考虑和对界面效果的考虑,过多的游戏滑块会使得界面显得较为拥挤,并且极大程度地降低了游戏的难度。

具体操作方法采用先自建一个新的 view, 并使用 canvas 绘制成为一个矩形, 并在一个横向 layout 中嵌套四个矩形, 形成 4*1 的主界面雏形。再通过 layout 的 addView 方法, 在一个纵向 layout 中嵌套进四个横向 layout, 再通过 layoutParams 处理整合形成 4*4 主界面。

2.1.2 清晰的滑块

方格选择最大程度地充满整个手机, 并且减小了两滑块之间的间距, 使得数字在保证能完全显示且不改变字体大小的情况下以更大的字号更加清晰地展现。同时, 在多次实验和对比之后, 选择将滑块背景保留为纯色, 并选择了变化较为明显的一组颜色作为背景, 更加便于分辨。此外, 字体颜色选择了与背景颜色对比度较为明显的黑色, 字体格式使用居中设置, 都是力求达到更加清晰的视觉效果。

具体操作方法采用调用 canvas 和 paint 的功能直接实现对每一个小矩形具体形态的细致刻画, 包括设置长宽, 设置阴影, 设置字体颜色, 设置字体大小, 设置背景颜色等等。

2.1.3 加入两校校徽

由于方格形状为正方形, 而手机形状多为长宽不等的矩形, 这势必导致主屏幕仍留有部分空白, 为填补此空白, 并增添界面美感, 特此选择了东南大学和金陵中学的校徽。两校朴素而纯粹的办学理念凝聚于校徽之上, 与整体朴素的界面较好地融入。

具体操作方法采用创建 RelativeLayout 布局文件, 并通过自带属性置于方格之下, 最后在布局文件中创建 drawable 展现东南大学和金陵中学校徽。

2.1.4 游戏结束界面

游戏结束时会跳出一个对话框, 并带有两个按钮, 玩家可以通过点击重试按钮重新开始游戏, 或者通过点击退出按钮退出游戏, 简单方便。

具体方法为创建一个 AlertDialog, 通过 AlertDialog 的 build 方法触发, 并通过设置 AlertDialog 的 Title, Message, Button 实现具体参数修改。其中 Button 还需通过进一步的 OnClickListener 的监听功能实现点击重试和退出两个不同 Button 后产生的不同结果。

2.2 手势的设计与实现

越来越多的 Android 设备都集成了触摸屏, 当手机没有物理键盘时, 许多用户操作必须通过触摸屏来完成。手势是一类特殊的触摸屏事件。基本而言, 手势是应用程序希望从用户那里获得的一种预先记录的触摸屏动作。如果用户在使用应用程序是执行的手势与预先记录的手势相同, 那么应用程序就可以根据该手势对应用程序的含义调用特定的逻辑^[2]。

为了实现手指在屏幕上的滑动与滑块的移动相对应, 所使用的是 GestureDetector 和 OnGestureListener。具体来说: 可以先将手机屏幕简单地理解成为一个直角坐标系, 手指每一次与屏幕的接触都可以生成一个二维坐标, 并可以在后台通过 Logcat 调出它的坐标。当手指完成一次滑动动作时, 后台将会记下手指的起始坐标和终止坐标, 并通过对 X 方向和 Y 方向的位移的计算, 得到手势的具体方向。最后通过 GestureDetector 或 OnGestureListener 的回调功能完成手势和具体滑块移动的衔接。

2.3 游戏规则的设计与实现

首先先介绍一下 2048 游戏的具体规则: 开始时棋盘内随机出现两个数字, 出现的数字仅可能为 2 或 4, 玩家可以选择上下左右四个方向, 若棋盘内的数字出现位移或合并, 视为有效移动。玩家选择的方向上若有相同的数字则合并, 每次有效移动可以同时合并, 但不可

以连续合并，玩家选择的方向行或列前方有空格则出现位移。每有效移动一步，棋盘的空位(无数字处)随机出现一个数字(依然仅可能为 2 或 4)。棋盘被数字填满，无法进行有效移动，判负，游戏结束；棋盘上出现 2048，判胜，游戏结束。

具体实现过程主要分为四步：

- (1) 将正方形方格上的滑块数字化，为后续具体程序的编写提供方便，为达此目的需要引进数组。首先，先将 `view` 组建成二阶数组的形式，即构建成为一个 `ArrayList`，这一步是整个规则实现的基础，也是优化规则编程的关键一环。其次，创建一个新的纯二阶数组，通过创建方法实现 `ArrayList` 和 `array` 的一一对应和相互转换，之后就可对直接对 `array` 中具体的数字实施变化。
- (2) 编写每一步的代码，如滑块上下左右的移动，合并与否的判定与执行，移动与否的判定与执行、游戏结束的判断与响应等等。具体需通过 `array` 和 `for` 循环的组合以及 `if` 语句的嵌套完成。
- (3) 将每一步具体的操作整合，并以一定的逻辑关系依次分步进行，完成整体程序。
- (4) 操作检查漏洞并修复。

2.4 背景音乐的设计和实现

为了更好地发挥游戏的放松功能，创新性的在 2048 游戏中加入了背景音乐。

具体实现方法是通过自建一个 `Service` 并使用 `MediaPlayer` 进行音乐具体参数的设置，在主 `Activity` 中设置成为软件一启动就自动播放。

3、具体问题和解决办法

3.1 If 语句繁琐

由于 `If` 语句逻辑理解较为简单，所以在开发前期被我青睐。但随着开发的深入，`If` 语句的问题也慢慢暴露出来。在编写具体功能，`If` 语句既要实施判断功能，还要实施操作功能，这就使得 `If` 语句需要进行多层嵌套，如此一来，程序就会变得比较大，而且更容易出错。

于是，我优化了程序的设计，将判定与操作分开，即使用不同的方法，最后将其整合成一体。同时选择放弃 `If` 语句的使用而采用了 `for` 循环语句，消除了由 `if` 语句嵌套所产生的问题，使得整个程序逻辑更加清晰，降低了由于逻辑混乱而出错的可能性。

3.2 Gesture 定义过时

之前使用的是通过定义一个携带手势监听器的 `Activity`，并在 `Activity` 中声明 `GestureDetector` 实现手势。

现在所使用的方法是定义一个 `GestureDetector` 并在主 `Activity` 中直接调用。二者相比显然后者更加简便，同时无疑会减小软件的大小，对更大软件的开发有深远意义。

3.3 布局繁琐

布局繁琐的原因主要有两点：第一点，为调出并输入数据而单纯地使用 `TextView`；第二点，整个主界面只使用一个布局文件，增加了增添新 `View` 后排版的难度。

现在所采用的是用 `array` 进行程序的编写，极大程度减少了 `if` 语句声明对象时的繁琐程度。同时改变了只使用一个布局文件的方法，而是采取了横向与纵向 `layout` 嵌套的方法。简单地说，就是将一个使用 16 个 `TextView` 的 `layout` 变为多个 `layout` 嵌套的 `arraylist`。

3.4 背景音乐在退出程序后不关闭

由于 `service` 属于手机后台进程，所以从某种意义上来说，`service` 并不属于软件本身，不能随着软件的关闭而关闭。为修复此问题，选择在主 `Activity` 中加入 `OnDestroy` 方法，通过关闭软件触发关闭后台音乐服务。

本 2048 游戏揉合了三个不同的 Java 文件,包括主文件 MainActivity,描绘界面的 ViewCell,控制背景音乐的 BGM。一个 2048 游戏的诞生所需漫长的设计和编码过程,包括界面的优化,代码的简化等等。但本软件还远没有达到最优,这就需要不断学习总结,以期达到更高的水准。

致 谢

首先,十分感谢东南大学和金陵中学能给我这次机会,让我体验到大学生忙碌而又充实的生活;

其次,十分感谢我的老师金石教授和沈超学长。感谢金石老师能如此亲切地与我交流,并且像对待自己的研究生一样仔细认真地帮助我一个专业知识及其欠缺的高中生。感谢沈超学长在自己忙于写论文时还能耐心地从基础慢慢指导我。

然后,我要感谢 MARS 老师,MARS 老师无私地将其自己制作的 Android 教学视频放在网络人供人免费下载观看。教学视频详略有当,语言生动,可以说是 MARS 老师将我一步步从什么都不会带到现在能较为熟练使用 Eclipse。

最后,我要感谢我的父母和同学们,是你们给我营造了一个良好的学习氛围,是你们在我前进遇到困难时给我安慰,给我鼓励。

Abstract: In recent years,Android system has been taking the leading role in smart phone market, which makes portable game market more exuberant.Hence,basing on Eclipse development platform, the text employ Java Language to write program--2048.This game has clearer interface and pleasant background music.You can totally take it as a way to relax.The text mainly illustrates the process of design and write program,also some solutions to concrete problems are provided.

Key words: Android;2048;Java;relax

参考文献:

[1] 百度百科

http://baike.baidu.com/link?url=OwE15GBVsNhbiH2BY_ToDzthaSwrInaqgiPB3hc54VwwjwBiz u7i8twyiuROhYhQ_5GM1YBbwpOsrUeib8B0TJXqWT0r1BtjT503PTghL9W 2015.11.20

[2] Satya Komatneni, Dave Maclean, Sayed Hashinmi 《精通 Android 3》 杨越 北京 人民邮电出版社 2011 677、705

附录 A(MainActivity)

```
package net.hl.jlzx;

import java.util.ArrayList;
import java.util.List;
import java.util.Random;

import android.app.ActionBar.LayoutParams;
import android.app.Activity;
import android.app.AlertDialog;
import android.app.AlertDialog.Builder;
import android.content.DialogInterface;
import android.content.Intent;
import android.graphics.Color;
import android.os.Bundle;
import android.util.DisplayMetrics;
import android.util.Log;
import android.view.Display;
import android.view.GestureDetector;
import android.view.KeyEvent;
import android.view.MotionEvent;
import android.view.View;
import android.view.View.OnClickListener;
import android.view.View.OnTouchListener;
import android.view.WindowManager;
import android.widget.ImageView;
import android.widget.LinearLayout;
import android.widget.RelativeLayout;
import android.widget.TableLayout;
import android.widget.TableRow;
import android.widget.TextView;
import android.widget.Toast;

public class MainActivity extends Activity {
    private Intent Serviceintent = new Intent("bgm");
    private int width;
```

```

private int height;
private int qwidth;
private int qheight;
private LinearLayout layout1;
private List<ViewCell> list = new ArrayList<ViewCell>();
private int[][] arrays = new int[4][4];
private Random random = new Random();
private GestureDetector gd;
private boolean flag_move = false;

```

```

@Override

```

```

protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
    super.onCreate(savedInstanceState);

    DisplayMetrics dm = new DisplayMetrics();
    getWindowManager().getDefaultDisplay().getMetrics(dm);
    width = dm.widthPixels;
    height = dm.heightPixels ;
    WindowManager wm = (WindowManager)
getSystemService(WINDOW_SERVICE);
    Display dp = wm.getDefaultDisplay();

    width = dp.getWidth();
    height = dp.getHeight();
    qwidth=width/4;
    qheight=qwidth;
    LinearLayout.LayoutParams params = new LinearLayout.LayoutParams(width,
width);

    layout1 = new LinearLayout(this);
    layout1.setLayoutParams(params);
    layout1.setOrientation(LinearLayout.VERTICAL);
    layout1.setBackgroundColor(Color.WHITE);
    layout1.addView(MainLayout());
    ImageView imageview=(ImageView)findViewById(R.id.picture);
    setContentView(layout1);
    gd = new GestureDetector(this , new gd());
    random();
    startService(Serviceintent);

}
private void random() {
    if(!FillAll()){

```

```

        int row = random.nextInt(4);
        int col = random.nextInt(4);
        ViewCell randomview = list.get(row*4+col);
        if(randomview.getNumber()==0){//
            int k = (random.nextInt(2)+1)*2;
            randomview.setNumber(k);
            if(FillAll()&&Equal()){
                AlertDialog.Builder builder = new Builder(this);
                builder.setTitle("游戏结束");
                builder.setMessage("Game Over");
                android.content.DialogInterface.OnClickListener listener = new
MyOnClickListener();

                builder.setPositiveButton("重试", listener );
                builder.setNegativeButton("退出", listener);
                builder.setCancelable(false);
                builder.create().show();
            }
        }else{
            random();
        }
    }
}

public class MyOnClickListener implements
android.content.DialogInterface.OnClickListener {
    public void onClick(DialogInterface dialog, int which) {

        switch(which){
            case AlertDialog.BUTTON_POSITIVE:
                for(int x=0;x<arrays.length;x++){
                    for(int y=0;y<arrays[x].length;y++){
                        ViewCell view = list.get(x*4+y);
                        view.setNumber(0);
                    }
                }
                random();
                break;
            case AlertDialog.BUTTON_NEGATIVE:
                finish();
                break;
        }
    }
}

private View MainLayout() {

```

```

        LinearLayout layout2 = new LinearLayout(this);
        layout2.setOrientation(LinearLayout.VERTICAL);
        for(int i=0;i<4;i++){
            layout2.addView(RowLayout());
        }
        return layout2;
    }

    private View RowLayout() {
        LinearLayout layout3 = new LinearLayout(this);
        layout3.setOrientation(LinearLayout.HORIZONTAL);
        for(int i=0;i<4;i++){
            ViewCell viewcell = new ViewCell(this,qwidth,qheight);
            layout3.addView(viewcell);
            list.add(viewcell);
        }
        return layout3;
    }

    private boolean FillAll(){
        load();
        for(int i=0;i<4;i++){
            for(int j=0;j<4;j++){
                if(arrays[i][j]==0){
                    return false;
                }
            }
        }
        return true;
    }

    private boolean Equal(){
        load();
        boolean equal = true;
        for(int i=0;i<4;i++){
            for(int j=0;j<3;j++){
                if(arrays[i][j]==arrays[i][j+1]&&arrays[i][j]!=0){
                    equal = false;
                }else if(arrays[j][i]==arrays[j+1][i]&&arrays[j][i]!=0){
                    equal = false;
                }
            }
        }
        return equal;
    }

    class gd extends GestureDetector.SimpleOnGestureListener{

```

```

@Override
public boolean onFling(MotionEvent e1, MotionEvent e2, float velocityX,
    float velocityY) {
    float X=e2.getX()-e1.getX();
    float Y=e2.getY()-e1.getY();
    final int FLING_Min_DISTANCE =50;

    if(X>FLING_Min_DISTANCE&&Math.abs(velocityX)>Math.abs(velocityY)){
        toRight();
    }else
    if(X<-FLING_Min_DISTANCE&&Math.abs(velocityX)>Math.abs(velocityY)){
        toLeft();
    }else
    if(Y>FLING_Min_DISTANCE&&Math.abs(velocityX)<Math.abs(velocityY)){
        toDown();
    }else
    if(Y<-FLING_Min_DISTANCE&&Math.abs(velocityX)<Math.abs(velocityY)){
        toUp();
    }
    return false;
}
}

@Override
public boolean onTouchEvent(MotionEvent event) {
    return gd.onTouchEvent(event);
}

private void load() {
    for(int i=0;i<4;i++){
        for(int j=0;j<4;j++){
            ViewCell view =list.get(i*4+j);
            arrays[i][j] = view.getNumber();
        }
    }
}

private void redraw() {
    if(flag_move){
        for(int x=0;x<arrays.length;x++){
            for(int y=0;y<arrays[x].length;y++){
                ViewCell view = list.get(x*4+y);
                view.setNumber(arrays[x][y]);
            }
        }
    }
}

```

```

        random();
        flag_move = false;
    }
}

private void Up() {
    for(int n=0;n<4;n++){
        for(int m=0;m<4;m++){
            for(int i=m+1;i<4;i++){
                if(arrays[m][n]==0&&arrays[i][n]!=0){
                    flag_move = true;
                    arrays[m][n]=arrays[i][n];
                    arrays[i][n]=0;
                }
            }
        }
    }
}

private void Down() {
    for(int n=0;n<4;n++){
        for(int m=3;m>=0;m--){
            for(int i=m-1;i>=0;i--){
                if(arrays[m][n]==0&&arrays[i][n]!=0){
                    flag_move = true;
                    arrays[m][n]=arrays[i][n];
                    arrays[i][n]=0;
                }
            }
        }
    }
}

private void Left() {
    for(int n=0;n<4;n++){
        for(int m=0;m<4;m++){
            for(int i=m+1;i<4;i++){
                if(arrays[n][m]==0&&arrays[n][i]!=0){
                    flag_move = true;
                    arrays[n][m]=arrays[n][i];
                    arrays[n][i]=0;
                }
            }
        }
    }
}

```

```

private void Right() {
    for(int n=0;n<4;n++){
        for(int m=3;m>=0;m--){
            for(int i=m-1;i>=0;i--){
                if(arrays[n][m]==0&&arrays[n][i]!=0){
                    flag_move = true;
                    arrays[n][m]=arrays[n][i];
                    arrays[n][i]=0;
                }
            }
        }
    }
}

private void toUp() {
    load();
    Up();
    for(int p =0;p<4;p++){
        for(int q=0;q<3;q++){
            if(arrays[q][p]==arrays[q+1][p]&&arrays[q][p]!=0){
                flag_move = true;
                arrays[q][p]+=arrays[q+1][p];
                arrays[q+1][p]=0;
                q++;
            }
        }
    }
    Up();
    redraw();
}

private void toDown() {
    load();
    Down();
    for(int p=0;p<4;p++){
        for(int q=3;q>0;q--){
            if(arrays[q][p]==arrays[q-1][p]&&arrays[q][p]!=0){
                flag_move = true;
                arrays[q][p]+=arrays[q-1][p];
                arrays[q-1][p]=0;
                q--;
            }
        }
    }
}

```

```

        Down();
        redraw();
    }

    private void toLeft() {
        load();
        Left();
        for(int p =0;p<4;p++){
            for(int q=0;q<3;q++){
                if(arrays[p][q]==arrays[p][q+1]&&arrays[p][q]!=0){
                    flag_move = true;
                    arrays[p][q]+=arrays[p][q+1];
                    arrays[p][q+1]=0;
                    q++;
                }
            }
        }
        Left();
        redraw();
    }

    private void toRight() {
        load();
        Right();
        for(int p =0;p<4;p++){
            for(int q=0;q<3;q++){
                if(arrays[p][q]==arrays[p][q+1]&&arrays[p][q]!=0){
                    flag_move = true;
                    arrays[p][q]+=arrays[p][q+1];
                    arrays[p][q+1]=0;
                    q++;
                }
            }
        }
        Right();
        redraw();
    }

    protected void onDestroy() {
        // TODO Auto-generated method stub
        super.onDestroy();
        stopService(Serviceintent);
    }

```

```

        System.exit(0);}
    }

```

附录 B (ViewCell)

```

package net.hl.jlzx;

import android.annotation.SuppressLint;
import android.content.Context;
import android.graphics.Bitmap;
import android.graphics.BitmapFactory;
import android.graphics.Canvas;
import android.graphics.Color;
import android.graphics.Paint;
import android.graphics.RectF;
import android.view.View;
import android.widget.LinearLayout.LayoutParams;

public class ViewCell extends View {
    private RectF r = new RectF();
    private int number;
    private Canvas canvas =new Canvas();
    private Paint paint = new Paint();
    public ViewCell(Context context,int qwidth,int qheight){
        super(context);
        setLayoutParams(new LayoutParams(qwidth, qheight));
        r.set(0, 0, this.getWidth(), this.getHeight());
        r.inset(2, 2);
    }
    public void setNumber(int number){
        onDrawNum(number);
        this.number=number;
    }
    public int getNumber(){
        return number;
    }
    @Override
    protected void onDraw(Canvas canvas) {
        super.onDraw(canvas);
        this.canvas=canvas;
        onDrawNum(number);
    }
    private void onDrawBorder(Canvas canvas) {
        paint.setShader(null);
        paint.setStrokeWidth(16);
    }
}

```

```

        paint.setColor(Color.WHITE);
        canvas.drawLine(0, 0, 0, this.getHeight(), paint);
        canvas.drawLine(0, 0, this.getWidth(), 0, paint);
        canvas.drawLine(this.getWidth(), 0, this.getWidth(), this.getHeight(), paint);
        canvas.drawLine(0, this.getHeight(), this.getWidth(), this.getHeight(), paint);
    }

    public void onDrawNum(int number){

        String color;
        switch(number){
            case 0:
                color="#CCC0B3";
                break;
            case 2:
                color="#EEE4DA";
                break;
            case 4:
                color="#EDE0C8";
                break;
            case 8:
                color="#F2B179";
                break;
            case 16:
                color="#F49563";
                break;
            case 32:
                color="#F5794D";
                break;
            case 64:
                color="#F55D37";
                break;
            case 128:
                color="#EEE863";
                break;
            case 256:
                color="#EDB04D";
                break;
            case 512:
                color="#DA70D6";
                break;
            case 1024:
                color="#EB9437";
                break;
            case 2048:

```

```

        color="#A0522D";
        break;
    default:
        color="#EA7821";
        break;
    }
    this.setBackgroundColor(Color.parseColor(color));
    paint.setShader(null);
    paint.setColor(Color.parseColor("#EA7821"));
    canvas.drawRect(r, paint);
    paint.setColor(Color.BLACK);
    paint.setTextSize(64);
    paint.setTextAlign(Paint.Align.CENTER);
    paint.setFakeBoldText(true);
    String snumber=number+"";
    if(number==0){
        snumber="";
    }
    final int x = ((int) r.left + ((int) r.width() >> 1)
        + (int)(paint.getTextSize()));

    final int y = (int) (this.getHeight()
        - (this.getHeight() - paint.getTextSize()) / 2 - paint
        .getFontMetrics().bottom);
    canvas.drawText(snumber, x, y, paint);
    onDrawBorder(canvas);
    }
}

```

附录 C（BGM）

```
package net.hl.jlzx;
```

```

import android.R.raw;
import android.app.Service;
import android.content.Intent;
import android.media.MediaPlayer;
import android.os.IBinder;

```

```

public class BGM extends Service {
    private MediaPlayer mediaPlayer;
    @Override
    public IBinder onBind(Intent intent) {
        // TODO Auto-generated method stub
        return null;
    }
}

```

```
}  
@Override  
public void onStart(Intent intent,int startId){  
    super.onStart(intent, startId);  
    if(mediaPlayer==null){  
        mediaPlayer = MediaPlayer.create(this, R.raw.gem);  
        mediaPlayer.setLooping(true);  
        mediaPlayer.start();  
    }  
}  
@Override  
public void onDestroy() {  
    // TODO Auto-generated method stub  
    super.onDestroy();  
    mediaPlayer.stop();  
}  
}
```

3D 打印在医学领域的应用现状、存在问题及前景

李子晗

(金陵中学, 南京)

摘要: 此课题主要探究新兴技术——3D 打印, 在医学领域的应用现状、存在问题及前景。完成课题过程中, 主要使用文献阅读、资料收集与综合分析等研究方法。首先, 从四项国内外 3D 打印生物学(医学)领域应用新突破的实例入手, 了解 3D 打印仍处于打印无生命部件的初级阶段, 生物细胞、组织和器官的打印为现时攻关项目。之后, 由实例总结出在化学药品使用、机械应力需求、相关硬件软件功能、相关生物学制造辅助、道德伦理等方面存在的主要问题。以如何处理大量的数据为核心, 探讨医学影像硬软件的发展现状, 及可借助以弥补组织分辨率低下等不足的算法工具, 提出或许在 matlab 等工具的帮助下, MRI、CT 等的组织分辨精度将得到长足的提高, 使得 3D 打印组织器官的关键——扫描与建模, 得以迅速地补足。

关键词: 3D 打印; 医学; 医学影像; 生物学

1 绪论

在当今世界舞台上纷繁迭出、快速发展的新技术中, 3D 打印无疑是最亮眼的之一。3D 打印从概念的提出, 到个别企业的实验尝试, 到如今被投入大量的产品生产、被各国科学家重视并纳入课题、结合光子力学成为众实验室的研究热点等等, 不过经历了几十年的时间。

3D 打印的潜力是巨大的。无论是其能够大大降低生产成本的商业价值, 还是可用于生物学与医学领域以治病救人, 都使人不得不正视它的耀眼功用。遗憾的是, 在复杂深奥的生物学与医学方面, 3D 打印的应用遭遇了瓶颈。为了攻克此难关, 各国科研人员已付出了很长时间的 effort。近几年, 新的成果捷报频传, 令人振奋, 而对其前景的展望也更加的明朗。

我选此课题不仅是为了跟进时代的脚步, 对这项惊人的技术作了解, 也是出于对医学方面其能发挥的作用的期待。

研究此课题, 多以查阅文献、资料总结与分析为主。关于 3D 打印的有关资料多以网络文献的形式存在, 至今上市的书籍资料中, 易入手的不多, 仅一本《3D 打印: 从想象到现实》用作科普参考。

1.1 3D 打印在医学领域的应用现状

1.1.1 最新进展及实例

3D 打印, 即通称“增材制造”, 是运用各种粘合材料, 进行逐层打印的新兴技术。现使用较多的 3D 打印机主要有选择性沉积打印机与选择性黏合打印机(激光)两种, 另有光子 3D 打印等前沿技术。在医学领域, 主要使用选择性沉积打印机。

3D 打印在医学领域的进展, 仍处于前期阶段。目前已成功的应用, 包括假肢、假牙等无生命部件的制造(与使用者肢体契合度高)、干细胞的打印等。骨与软骨, 皮肤与静脉或内脏与大脑的打印, 处于试验阶段。

所有细胞、组织、器官乃至完整生命体的打印, 均借助于内部悬浮着活细胞的可打印凝胶。干细胞的成功打印是最为关键的一步。

(1) 2013 年, 英国首次成功打印胚胎干细胞。

该团队使用了一种经特殊设计的“以瓣膜为基础”的真空阀式细胞打印机。这种真空阀门打印方式非常温和, 足以保持干细胞的发育能力, 在几分钟内就能打印出数百万个细胞。

这种打印机 的大小与放在桌面上的标准激光打印机类似。其打印机中配置两个喷头，间隔喷洒含人体胚胎干 细胞或培养基的细胞飞沫，最小飞沫仅 2NL，含 5 个细胞。飞沫大小的精确控制使干细胞的分化 达到最佳状态。活体细胞如此这般被打印到培养皿里，然后聚集在一起形成所谓的‘回转椭球体’，就像一个小球，每个‘回转椭球体’的直径小于 1 毫米。当人类胚胎干细胞被打印出来以后，还要经过多项测试，如检测它们的活性，看其是否还能分化为不同类型细胞；检测细胞的打印密度、特征属性和分布情况，以此评价这种打印方法的精确性。实验结果是：打印 24 小时之后，95%以上的细胞仍然存活，这表明打印中喷头没有对细胞 造成伤害；打印 3 天后，超过 89%的细胞存活，且仍然维持多能性。

(2) 2014 年，英国 3D 打印生物器官取得突破性进展。

该研究团队使用的 3D 生物打印技术的工作原理是首先在注射器型沉积系统中装入含有每毫升 2 至 2000 万个软骨细胞并混合以藻酸盐、透明质酸、生长因子 $\beta 1$ ，抗生素和明胶的生物活性凝胶。打印机的控制软件是基于 Pronterface 架构设计的，可以通过驱动步进电机精确定位打印 头在 XYZ 坐标系统中的位置。这使得制造组织时的精度能达到 $\pm 5\mu\text{m}$ 。打印出的成品为准组织。打 印好的准组织被转移到一个 37.8℃反应器中，每两天更换一次生长因子，然后细胞开始在三周 内生长和成熟为一个组织。这其中的关键点是：在成熟过程中需要添加 0.1%的透明质酸到生物 凝胶中去，以限制蛋白聚糖的流失（蛋白聚糖是细胞外基质的关键组成部分，是细胞中的填充 物质，起结构与生化支撑作用）。

研究人员已将该技术投入膝关节修复（关节炎患者由于积液等缘故，软骨与骨会受到损伤， 并逐年积累），减少了人工关节安装的痛苦；随着人类老龄化的到来，膝关节修复市场价值将 以倍数增长。此外，3D 生物打印还可以用来制造血管组织，当然这需要同时打印相应的支架， 以确保在制造过程中血管结构得到支撑。

(3) 2014 年，南京医科大学软骨体外培养成功。

南京医科大学从兔身取得干细胞，置于 3D 打印的支架上，在体外经过四周的培养，再接种到裸鼠皮下培养，最终生长出所需软骨组织。

研究团队发现，并不是所有结构 3D 打印支架都适合该种方法的软骨生长。他们通过对比， 最终选择了具有方形孔蜂巢状微结构的聚己内酯-羟基磷灰石（PCL-HA）支架。因为在培养的时候，这种方孔支架能够更好地与骨髓血结合，其中的骨髓间充质干细胞能够在支架中保留、生长， 微小的蜂巢孔洞也有利于细胞生长过程中的营养交换。

科研人员只需将骨髓血放进支架，特定的骨髓间充质干细胞会成长为医生所需要的软骨。同时，支架在培养过程中大小稳定性强，优于常规生物可降解支架。其在培养完成接种至体内之后，在 2 年左右的时间内缓慢被人体降解。在降解过程中，细胞能够及时生长填充支架降解产生的空间，成长完成之后稳定性强。

此项技术目前能做到：将取自病患自身的干细胞进行体外培养成软骨，这样就可以避免免疫排斥反应、携带病毒、潜在致癌可能性的问题。此外，3D 打印出的软骨大小、形状将与所需无异，与病患部位结合无恙。

(4) 2014 年，美国公司成功制造出功能健全的微型人类肝脏。

Invetech 公司和 Organovo 医学公司一起合作，成功创造出功能健全的 3D 打印人类肝脏。这一 3D 打印人类肝脏体积非常之小，仅宽 4 毫米、长 1 毫米，但能够像真实人体肝脏一样自行产生蛋白质，而且其活性期达 42 天以上，且将被用在医学测试实验中。这是一项分水岭式的成果。这一迷你肝脏是在该公司的 NovoGen 生物打印机操作完成的。这一 3D 打印设备能够建立超过 20 层的肝细胞以及肝脏星形细胞，而这两种细胞正是肝细胞的主要组成部分。接着这台 3D 打印设备将血管内壁的细胞添加进去，形成一个精致的网状的通道为肝细胞提供营养和氧气，使得 肝脏组织能够在有氧环境下存活 5 天或更长的时间。

1.2 3D 打印在医学领域应用的存在问题

1.2.1 生物工程学方面

(1) 尽管能做到将细胞放置至精确位置, 并使其最终形成正确的形状, 但无人准确地知道如何启动种子细胞, 如何让一个器官开始运作。

(2) 血管网络的构建进展滞后。任何放入人体的组织都必须和人体的血管、血液供应和氧气相连, 否则 3d 器官结构中的活细胞将迅速死亡。尽管可能打印 3d 活性静脉, 但仍然不能完成整个工作; 因为高度血管化的身体部位也需要直接在体内生长, 新的动脉和静脉需要和身体现有的动脉和静脉融合在一起。因此, 在人体内直接打印活性组织和新器官将是医学界的一个根本性突破(利用微型机器人)。

(3) 组织被植入前需要进行机械应力的实验(例如软骨), 以防在没有外部压力的情况下, 未进行加固的组织保持松弛和脆弱, 很快就会变形。不过可以考虑将人造组织放在一个生物反应器中以模仿真正的组织成熟方式, 或通过水凝胶材料的进步解决这个问题, 或在打印软骨的初期, 运用其他的压力来源(例如光、热和声音振动)。

1.2.2 化学试剂使用方面

(1) 大量使用高毒性有机溶剂, 制造周期长, 劳动密集型流程, 无法完全去除聚合物基体里的残留颗粒, 重复性差, 毛孔间无法充分连接, 结构偏薄。

1.2.3 医学影像技术方面

(1) 依靠现有的软件和硬件还不可能捕捉足够的细节来 3d 打印真正的活性组织。其核心是数据处理, 即如何最有效地管理医学成像过程中产生的大量数据。同时在医学影像方面还留有极大的发展空间(例如 MRI 和 CT, 尽管其灰度图像已经十分清晰, 但仍然不足以提供足够的信息来区别多种细胞类型, 因为不同类型的细胞有相似的物理密度, 在图像中会出现相似的灰色阴影。))。

1.2.4 社会道德伦理方面

(1) 人造组织涉及道德问题、政治争议以及需要严格的监管程序。获得政府监管部门对一项新医疗技术的批准可能需要数年, 尽管人体器官的打印极有希望在十年内完全实现。使外科医生和医疗保险公司接受生物打印是一个标准的医疗业务过程, 也将需要多年的努力。

2 3D 打印在医学领域应用存在问题的可能解决方法及前景展望

2.1 如何处理 3D 打印关键步骤(扫描与建模)中产生的大量数据

2.1.1 医学成像技术的最新进展与现阶段应用

假肢等无生命部件的打印, 首先需要扫描病患的骨截面等, 同样地, 为了能打印出与病患自身所需一致的器官, 病患相关部位必须经过 CT、MRI 等检查成像, 用以建模。

未来医学影像大数据时代的到来, 促使医学影像的数据处理向前发展。数据的处理包括数据的智能分析与匹配, 可应用于基于不同典型病症的医学图像的处理、分析、建模, 及趋势分析等。

(1) 以专科中肺结节的辅助分析为例

医生可通过计算机智能分析算法, 快速地发现肺小结节。计算机的智能分析算法可以计算出肺结节体积、最大与最小截面等关键信息。

(2) 以 MRI(核磁共振)为例

MRI 能获得原生三维断面成像而无需重建就可获得多方位的图像, 且为多序列成像、多种图像类型。其影像灰阶特点是, 磁共振信号愈强, 则亮度愈大, 磁共振的信号弱, 则亮度也小, 从白色、灰色到黑色。各种组织磁共振影像灰阶特点如下: 脂肪组织, 松质骨呈

白色；脑脊髓、骨髓 呈白灰色；内脏、肌肉呈灰白色；液体，正常速度流血液呈黑色；骨皮质、气体、含气肺呈黑色。核磁共振的另一特点是流动液体不产生信号称为流动效应或流动空白效应。因此血管是灰白色管状结构，而血液为无信号的黑色。这样使血管很容易与软组织分开。正常脊髓周围有脑脊液包围，脑脊液为黑色的，并有白色的硬膜为脂肪所衬托，使脊髓显示为白色的强信号结构。这是 MRI 目前可达到的数据处理水平。

(3) 以 FMRI (功能性磁共振成像) 为例

FMRI 虽是一种非介入的技术，能对特定的大脑活动的皮层区域进行准确、可靠的定位，空间分辨率达到 2mm，并且能以各种方式对物体反复进行扫描。FMRI 的另一个特点是，能实时跟踪信号的改变。例如在仅几秒钟内发生的思维活动，或认知实验中信号的变化。时间分辨率达到 1s。大批的脑科学研究人员已经开始从事磁共振功能神经成像的研究，并将它应用于认知神经医学。虽然还无法准确描述具体是什么，但 FMRI 可以区分所想的事物类型，比如是动物而不是蔬菜。比如接受实验者想象一根胡萝卜，再想象一只奶牛，这两段思维会激活大脑不同的区域，利用 FMRI 很容易辨别出来。现在研究人员已经将这个扫描精细到能分辨出不同区域所对应的事物类型。人们在思考时大脑会记录下各种“快捷方式”，所想到各种具体物品会有专门的对应区域，可能这些区域没有细化到代表胡萝卜或是小白菜而是抽象归类为“蔬菜”，然后想到小白兔或奶牛时指向“动物”。这样的话 FMRI 就能识别到对应的标记。

2.1.2 大数据时代的大势所趋与无限发展潜力

3D 打印器官时，通常有多种组织与细胞，间隙物也通常很复杂，因此医学成像的数据需要极其精确，包括每种细胞或物质的位置、含量。目前的 FMRI 的数据处理水平，为脊髓、脑损伤的病患提供了 3D 打印替代品的的基础。例如：听、说、读、写四个大脑皮层控制区域若有一受损，未来将有可能以打印品来替代受损部位，使不同类型的失语症得以治愈。FMRI 对信号改变的实时追踪，将在血管网络的构建及压力测试方面给予研究人员深刻的启示。

虽然这种数据处理水平仍远远不够，但计算机技术的不断发展，使得组织分辨程度越来越高。

2.2 医学成像可借助的工具与可能的处理数据的有效方法

AFNI files, MINC formatted files, PET CBF data 是目前普及的三种格式医学图像处理的工具，同时 matlab 也在医学影像中得到了相当的应用。MATLAB 图像处理工具箱提供了多种动态调整图像对比度和亮度的函数。通常用以下两种函数做图像的显示和分析：

(a) `imshow()`函数,该函数自动设置图像窗口、坐标轴和图像属性。可以设定预显示的上下限,也可以调用函数 `imcmap2trast()`生成一个 `adjustcontrasttool`,它可以可视地调整当前灰度图像的对比度和亮度。

(b) `imtool()`函数。该函数提供了一个显示图像及实现常用图像处理任务的集成环境,它逐渐替代了函数 `imview()`。该函数几乎支持任何数据类型的图像,它不仅拥有 `imshow()`函数的功能,而且可打开其他几个有助于显示及分析的可视工具,如像素区域工具、图像信息工具和对比度调节工具。根据分析图像的需要,可以通过调节显示范围或滑动鼠标,自由的调节对比度来显示图像的不同组织。

MATLAB 的算法若改进,使得能正确区分质量中等区域和质量较差的区域,并将背景区域和质量较差、后继算法无法恢复的噪声区域分割掉,保留质量中等区域,使后续算法的处理区域更精确,那么扫描得到的医学影像数据处理质量将大大提高。

结 论

1、3D 打印在医学领域的应用目前仍处在初级阶段。现时以打印无生命修补部件为主，且已大量投入生产。预计的中期阶段，打印活细胞与组织，尚处于实验阶段。未来可实现打印完整的组织、器官，对顽疾、绝症的治疗具有非凡的意义。

2、3D 打印在医学领域的应用仍需解决生物工程、生化、影像数据处理与道德伦理等方面的关键问题。

3、在大数据时代的背景下，医学影像技术的进步无疑是最有可能实现，也是最有价值的对 3D 打印目前存在问题的补足之一。现阶段医学影像技术能做到的数据处理十分有限，对组织的辨识度不甚精准。借助几种改进的算法与函数，医学影像技术的发展或可得到极大的促进。

致 谢

衷心感谢赵远锦导师在我撰写论文的过程中给予的悉心指导与帮助；感谢东南大学学长王欢在我撰写论文的过程中给予的指导与建议。

The Present Application, Existing Problem and Development Prospect of 3D Printing in the Field of Medicine

Li
Ziha
n

Abstract: This research paper mainly explores the current application status, existing problems and development prospect of the emerging technology, 3D printing, in medical field. Literature reading, data collection and comprehensive analysis are major research methods that are used in this research project. Firstly, this paper starts from the four new breakthroughs in 3D printing biology (medicine) both home and abroad to demonstrate that the application of 3D printing is currently in the primary stage of printing abiotic components. Also, it states that the printing of biological cells, tissues and organs are the key technological difficulties to be tackled. Secondly, it concludes the main problems of 3D printing by example analysis in the use of chemicals, the demand of mechanical stress, the related hardware and software functions, the relevant auxiliary biological manufacturing, morality and ethics and other aspects. Furthermore, with how to deal with mass data as the core, the paper discusses the current development status of the hardware and software of medical image and algorithm tools which can make up the deficiency of low tissue resolution. At last, it states the possibility that with the assistance of tools like “matlab”, the precision of tissue resolution in MRI and CT and other medical images could be largely improved, which, in consequence, will rapidly fill the technology gap of 3D printing, i.e., scanning and modeling, the key of printing tissues and organs.

Keywords: 3D Printing ; Medicine; Medical Imaging; Biology

参考文献:

[1] 胡迪 利普森 梅尔芭·库曼。《3D 打印：从想象到现实》。赛迪研究院专家组。北京。

中信出版社。 2013.100-144

[2] 高向军、田联房、王立非、毛宗源 《利用 MATLAB 实现医学图像处理与分析》 [EB / OL] 。中国知网 2015.8.

[3] 松鼠《医学图像数据集和处理工具[总结]》 [EB / OL] 。

<http://apinetree.blog.51cto.com/714152/1566203>2014.10.21

[4] 陈世华、李海云 、罗述谦《fMRI 数据处理系统研究》 [EB/OL]. 中国知网 2015.8。

移动通信制式调研及辐射防护

刘业扬
(金陵中学, 南京)

摘要:移动通信技术的发展与社会经济的发展关系紧密, 通信技术拉近了人与人之间的距离, 提高了经济效率, 深刻的改变了人类的生活方式和风貌。本文的研究主题包括: 了解通信技术的发展历史, 调查现实生活中的使用的移动通信制式的参数, 对比不同通信制式通话时辐射的大小。通过以上的研究, 我们能够了解移动通信的发展历史与未来技术走向, 同时日常生活中更好地利用通信技术带给我们的便利, 以及有效规避通信过程中潜在的危害。
关键词: 移动通信技术; GSM; CDMA; LTE; 手机辐射

1 移动通信技术发展历史

1.1 第一代移动通信系统 (1G)

1986 年, 第一代移动通讯系统在美国芝加哥诞生, 采用模拟讯号传输, 模拟式是代表在无线传输采用模拟式的 FM 调制, 将介于 300Hz 到 3400Hz 的语音转换到高频的载波频率 MHz 上。1G 只能应用在一般语音传输上, 并有着且语音品质低、讯号不稳定、涵盖范围也不够全面等缺点^[1]。

中国的第一代模拟移动通信系统于 1987 年 11 月 18 日在广东第六届全运会上开通并正式商用, 采用的是英国 TACS 制式。从中国电信 1987 年 11 月开始运营模拟移动电话业务到 2001 年 12 月底中国移动关闭模拟移动通信网, 1G 系统在中国的应用长达 14 年, 用户数最高曾达到了 660 万^[2]。

尽管有过去的辉煌, 模拟通信系统有着很多缺陷, 经常出现串号、盗号等现象, 这曾经给运营商和用户带来了不少烦恼。并且在当时, 不仅通信所使用的手机“大哥大”十分昂贵, 手机网络资费的价格也让普通老百姓难以消费。当时的入网费高达 6000 元, 而每分钟通话的资费也有 0.5 元^[3]。但也正是因为存在这些弊端, 通信技术的进一步研究和发展才得以推动。

1.2 第二代移动通信系统 (2G)

第二代移动通信数字无线标准主要有: GSM、D-AMPS、PDC (日本数字蜂窝系统) 和 IS-95CDMA 等。第二代移动通信系统在引入了数字无线电技术之后, 数字蜂窝移动通信系统提供了更好的网络, 不仅改善了语音通话的质量, 提高了保密性, 防止了并机盗打, 并且也为移动用户提供了无缝的国际漫游^[4]。

20 世纪八十年代, 是第二代移动通信技术迅速发展的时期。1991 年欧洲第一个 GSM 系统开通, 并将 GSM 正式更名为“全球移动通信系统”。同年工作于 1800MHz 的 DCS1800 系统的电信业务规范制定完毕, 该系统与 GSM900 具有同样的基本功能特性, 因此 GSM900 与 DCS1800 统称为 GSM 系统^[5]。

GSM 系统有着巨大的影响力, 到 2004 年为止全球有超过 10 亿人使用 GSM 电话, GSM 电话占到全球移动电话市场份额的 70%。但随着移动通信的进一步发展, GSM 将逐渐被新的通信技术淘汰。2015 年, 全球诸多 GSM 网络运营商, 已经将 2017 年确定为关闭 GSM 网络的年份。之所以关闭 GSM 等 2G 网络, 是将无线电频率资源腾出, 用于建设 4G 以及未来的 5G 网络^[6]。

1.3 第三代移动通信系统 (3G)

第三代移动通信系统, 是支持高速数据传输的蜂窝移动通讯技术。3G 服务能够同时传送声音及数据信息, 速率一般在几百 kbps 以上。目前 3G 存在 3 种标准: CDMA2000、

WCDMA、TD-SCDMA。

2008 年 5 月，国际电信联盟正式公布第三代移动通信标准，中国提交的 TD-SCDMA 正式成为国际标准，与欧洲 WCDMA、美国 CDMA2000 成为 3G 时代最主流的三大技术之一。中国于 2009 年的 1 月 7 日颁发了 3 张 3G 牌照，分别是中国移动的 TD-SCDMA，中国联通的 WCDMA 和中国电信的 WCDMA2000。当时相对成熟的 WCDMA 网络和 CDMA2000 网络让中国联通和中国电信拥有很大的起跑优势，而中国移动的 TD-SCDMA 由于是自主研发，因此在 3G 用户数量、终端数量、运营地区上都存在一定的劣势。从现在来看采用自主技术的中国移动在网络上吃了大亏，网络速度上一直被电信和联通紧紧压制，平板电脑的网络制式也是大多为联通 3G 网络^[7]。

第三代移动通信和第一代模拟移动通信和第二代数字移动通信相比，第三代移动通信是覆盖全球的多媒体移动通信。它的主要的特点之一是可实现全球漫游，是更加广泛便捷的交流成为了可能。能够实现高速数据传输和宽带多媒体服务是第三代移动通信的另一个主要特点。借助第三代移动通讯手机除了可以进行普通的寻呼和通话外，还可以上网读报纸，查信息、下载文件和图片；由于带宽的提高，第三代移动通信系统还可以传输图象，提供可视电话业务^[8]。

1.4 第四代移动通信系统（4G）

第四代移动通信系统，是集 3G 与 WLAN 于一体并能够传输高质量视频图像以及图像传输质量与高清晰度电视不相上下的技术产品。4G 系统能够以 100Mbps 的速度下载，比拨号上网快 2000 倍，上传的速度也能达到 20Mbps。该技术包括 TD-LTE 和 FDD-LTE 两种制式^[9]。

2013 年 12 月 4 日工信部正式向三大运营商发布 4G 牌照，中国移动、中国电信和中国联通均获得 TD-LTE 牌照。这标志着我国移动通信正式进入了 4G 时代。

1.5 未来通信系统发展预测（含 5G 介绍）

5G，即第五代移动通信技术，也是 4G 之后的延伸，目前 5G 的需求及关键技术指标(KPI)已基本确定，国际电联将 5G 应用场景划分为移动互联网和物联网两大类，各个国家均认为 5G 除了支持移动互联网的发展，还将解决机器海量无线通信需求，极大促进车联网、工业互联网等领域的发展。

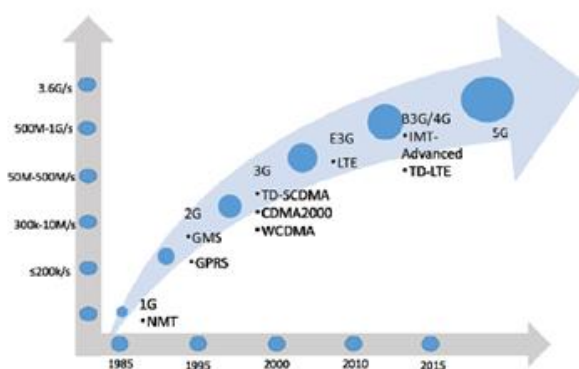


图 1

就目前规划来看，5G 与 4G、3G、2G 有所不同，其并不是一个单一的无线接入技术，也不是几个全新的无线接入技术，而是多种新型无线接入技术和现有无线接入技术（4G 后向演进技术）集成后的解决方案总称。5G 需求已扩大到物联网领域。[10]

关于 5G 的研究全球是从 2012 年开始，2013 年 4 月 19 日，IMT-2020（5G）推进组第一次会议在北京召开，这是由工信部、发改委、科技部为支持和推动 5G 共同成立的组织。科技部投入了约三

亿元，先期启动了国家 863 计划第五代移动通信系统重大研发项目，除了国内的企业和研究机构，华为等国际公司也参与其中。

总体来说，未来通信技术发展将会有以下特点：1.通信速度更快。2.网络频谱更宽。3. 多种业务融合。4. 通信费用更加便宜。

2、国内运营商采用通信制式的调查

2.1 中国移动

类型	制式	服务频段	工作频段	频段号	名称	状态
中国移动						
2G	GSM	890-909	876.0-915.0	0-124	R-GSM-900	服务中
3G	TD-SCDMA	2010-2025	2010-2025	-	A-Band	服务中
4G	TD-LTE	1880-1900	1880-1920	Band 39	F-Band	服务中
4G	TD-LTE	2320-2370	2300-2400	Band 40	IMT-2000	服务中
4G	TD-LTE	2575-2635	2496-2635	Band 38/41	BRS/EBS	服务中

图 2

由图 2 我们可以看到中国移动现在提供 2G,3G 和 4G 的通信服务，在 3G 市场竞争失利后，中国移动在 4G 网络建设上取得了一个较为领先的地位。

2.2 中国联通

类型	制式	服务频段	工作频段	频段号	名称	状态
中国联通						
2G	GSM	909-915 954-960	876.0-915.0 921.0-960.0	0-124	R-GSM-900	服务中
2G	GSM	1745-1755 1840-1850	1710.2-1784.8 921.0-960.0	512-885	DCS-1800	服务中
3G	WCDMA	1940-1955 2130-2145	1920-1980 2110-2170	Band 1	IMT	服务中
4G	TD-LTE	2300-2320	2300-2400	Band 40	IMT-2000	服务中
4G	TD-LTE	2555-2575	2496-2690	Band 41	BRS/EBS	服务中
4G	LTE-FDD	1955-1980 2145-2170	1920-1980 2110-2170	Band 1	IMT	计划中

图 3

中国联通提供的通信服务也包含了 2G,3G 和 4G 的网络，与移动不同的是其 3G 业务采用的是 WCDMA 制式。

2.3 中国电信

中国电信和移动、联通一样，都有着 2G、3G 和 4G 的业务。但也有一个很大的差异：中国电信的 2G 业务并不是普遍采用的 GSM 制式，而是采用了 IS-95 通信制式。包括已经退网的小灵通，使用的也是 PHS 制式。

类型	制式	服务频段	工作频段	频段号	名称	状态
中国电信						
2G	IS-95	825-840 870-885	824.020-848.985 869.025-893.985	Band Class 0	R-GSM-900	服务中
*2G	PHS	1915-1920	1850.2-1909.8 1930.2-1989.8	512-810	PCS-1900	退网中
3G	CDMA2000	825-840 870-885	824.020-848.985 869.025-893.985	Band Class 0	US Cellular	服务中
4G	TD-LTE	2370-2390	2300-2400	Band 40	IMT-2000	服务中
4G	TD-LTE	2635-2655	2496-2690	Band 41	BRS/EBS	服务中
4G	LTE-FDD	1755-1785 1850-1880	1710-1785 1805-1880	Band 3	DCS	计划中
*为小灵通服务频段 目前处于退网中 注：中国联通与中国电信LTE-FDD目前正在计划中，工信部目前没有颁布FDD牌照 TD-LTE工信部已经颁布牌照并明确频段划分						

图 4

2.4 总结特征

观察以上各个通信制式的详细参数我们可以发现，2G 网络的频谱频率大都在 1000MHz 以下，而新兴的 3G 和 4G 制式所覆盖的频谱范围相比较，大都在 2000MHz 左右。

信号传输的下行频率也都比上行频率要大，这是因为频率越高，衰减越大，基站功放肯定强于移动电话，所以上行选择低频，而下行选择高频。

3、不同制式基站和手机发射功率的测量

3.1 手机辐射及其危害

手机产生的辐射是一种电磁波产生的辐射。由于在某些情况下，电磁波可以对生物体造成伤害，人们也经常会日常生活中使用的手机设备的安全性产生怀疑。

电磁波对人的伤害，简单来说有三种：（1）波长很短的 gamma 射线、X 光、紫外线甚至短波的可见光这样光子的能量高于分子化学键键能（2~10 电子伏）的电磁波，可以破坏蛋白质和 DNA 等分子，造成伤害并有一定的可能诱发癌症；（2）一些能被分子吸收的光，比如可见光、红外光和微波（包括微波炉里面的辐射），如果高强度高的话，可以加热人体造成烧灼伤害；（3）高强度的无线电波可以在人体内形成感应电流，对神经系统和内脏的正常工作造成影响。

无线网络（WIFI）的无线路由器工作频率一般是 2.4GHz（也有 5GHz 的），3G 网络的频率在 1.7-2.4GHz 之间，而手机的信号频率在 0.8-0.96GHz 之间和 1.71-1.85GHz 之间，在这些频率范围内，辐射对人体的伤害表现为热效应。如果没有感到明显的温度升高，身体发热，人们就不需要担心这个波段的辐射伤害。

手机辐射致癌是现在公众十分关心的一个话题，尽管手机致癌的说法从物理上说并没有道理。但是有关这个话题讨论并没有定论。但如果假定手机微波的辐射对人的身体健康存在

影响，发射功率较小的一类手机对人体的影响和威胁也较小。所以出于健康的考虑人们应多使用该类手机。

3.2 实验：测量手机使用过程中的电磁辐射

实验目的：

通过测量手机发射的电磁辐射以及基站发出的电磁辐射，来验证手机通讯制式的频谱范围，并总结不同制式电磁辐射的特点。

实验器材：

频谱仪、多部不同制式手机。

实验内容：

- (1) GSM-2G 通话，观察频谱记录频段和幅度。
- (2) TDSCDMA-3G 通话，观察频谱记录频段和幅度。
- (3) TD-LTE-4G 通话，观察频谱记录频段和幅度。
- (4) 测量 GSM 基站辐射，观察频谱记录频段和幅度。
- (5) 测量 TDSCDMA 基站辐射，观察频谱记录频段和幅度。
- (6) 测量 TD-LTE 基站辐射，观察频谱记录频段和幅度。

实验结果：

(1) 2G 基站及手机通话信号测量

经过测量，发现 2G 基站辐射的信号，频段为 944MHz（见图 5）符合之前调查的 GSM 制式的下行频率，信号强度为-43.57dBm。并且信号强度始终稳定在一个范围内。

而当我们在频谱仪所接的天线旁用 GSM 手机拨通电话时，成功捕获到了通话信号（见图 6）。频率在 900MHz 偏小一点，且强度十分的大。但通话时可以看见这个信号并不是一直都稳定的，而是会闪烁。

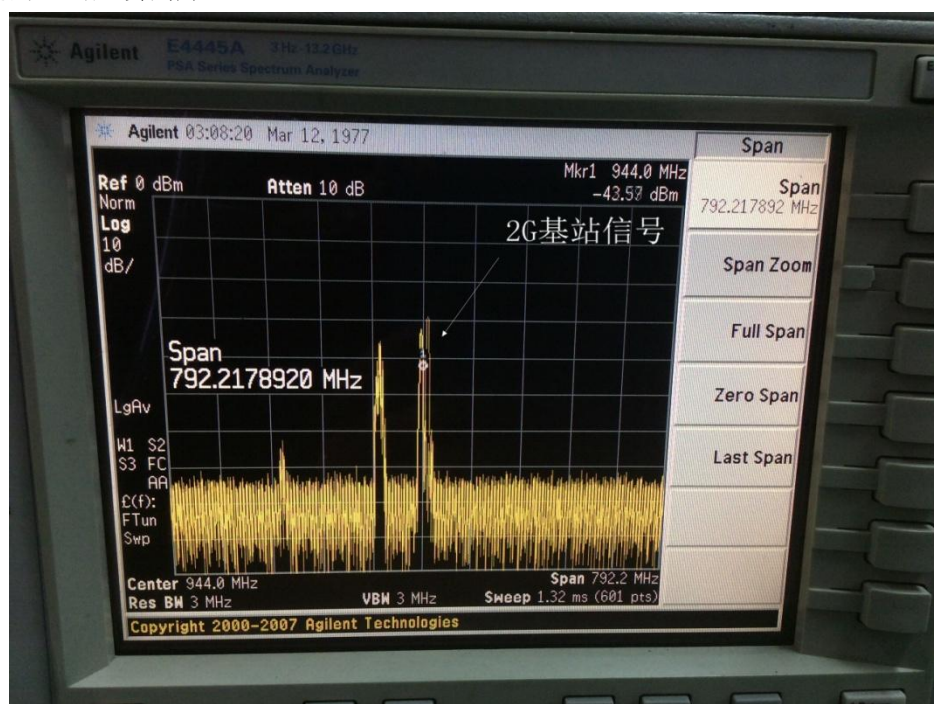


图 5

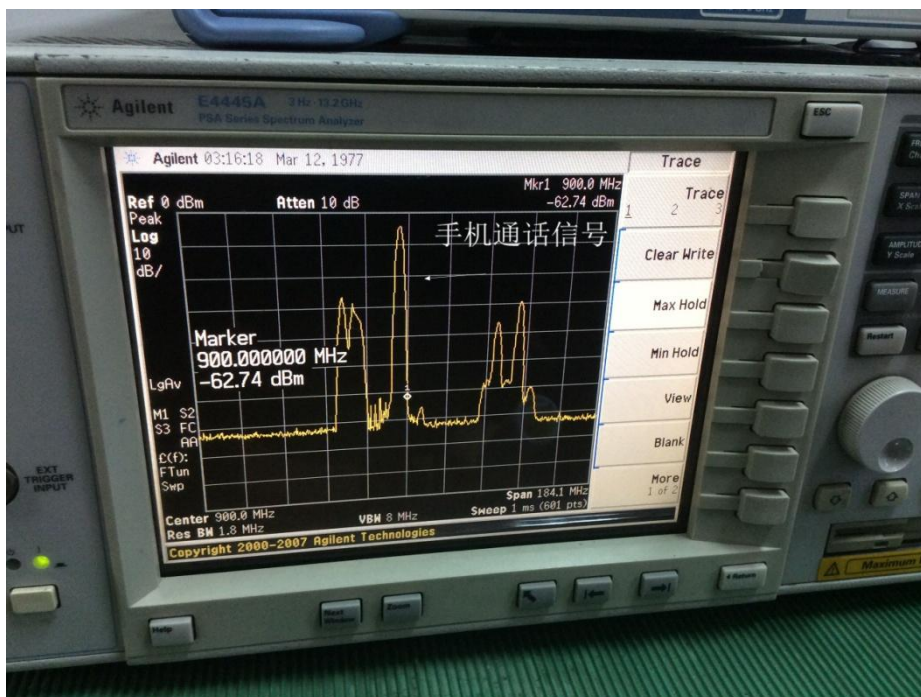


图 6

(2)3G 及 4G 基站信号测量

由于 3G 和 4G 的测量结果有相似之处，所以将其放在一起展示。

从基站信号来说，3G 和 4G 的共同点是，其基站信号并不像 2G 基站那样处于一个一直较为稳定的状态。以下图 3G 基站信号的测量图为例，第一张是基站信号消失时的图片，第二张是基站信号较为强烈时的图片。可以看见 3G 基站信号的频率在 2.012GHz，其信号强度可达-45.40dBm，与 2G 基站信号强度相似。

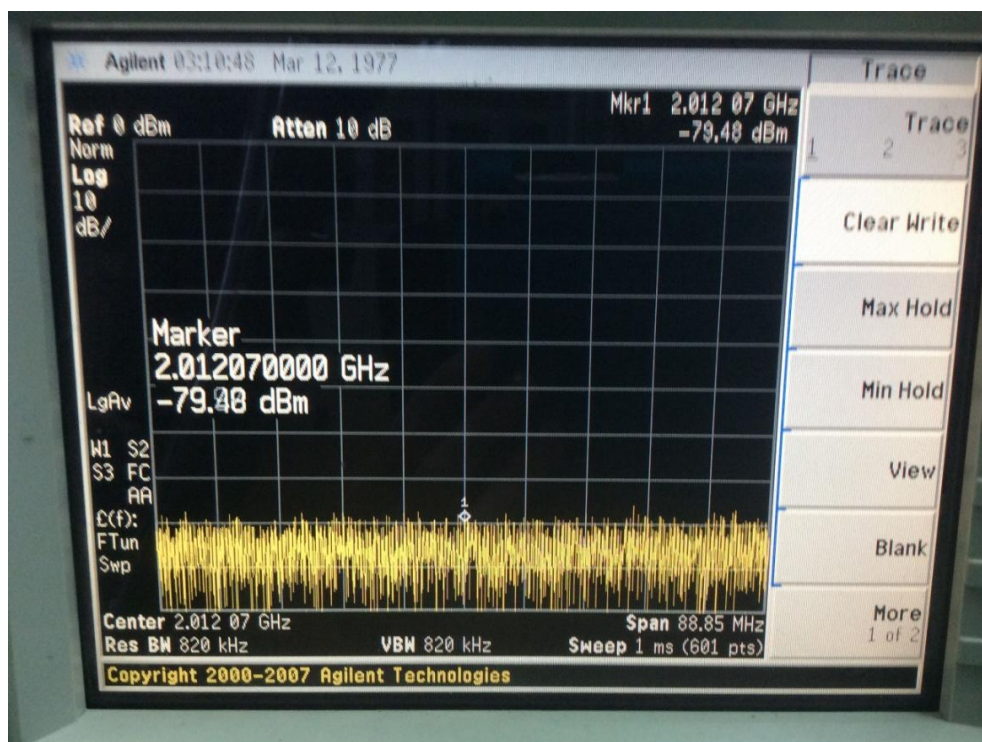


图 7

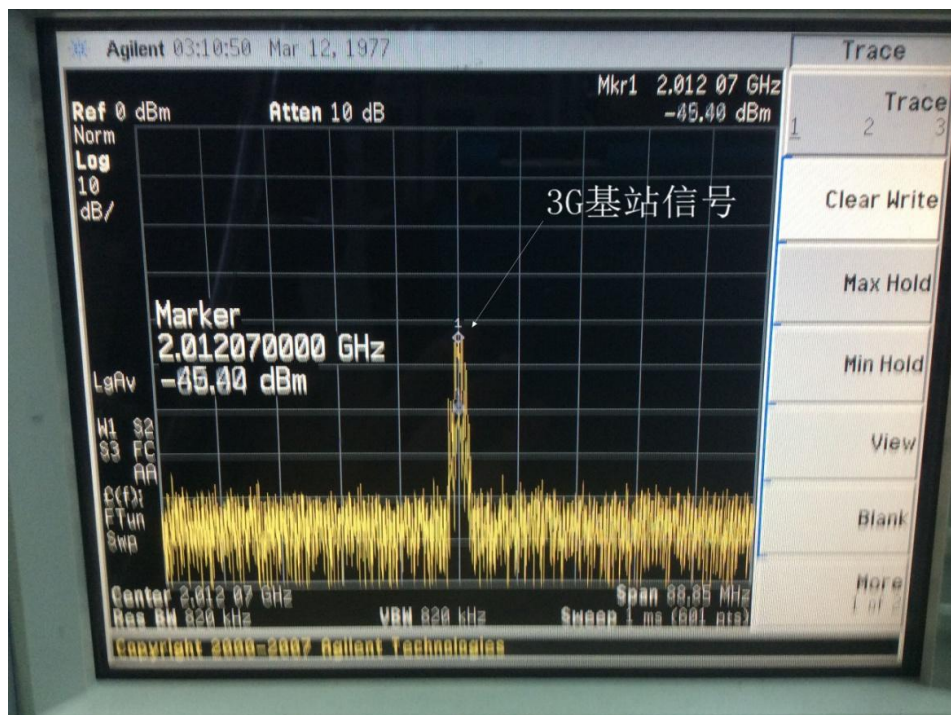


图 8

4G 的基站信号和 3G 一样是在不断变化中的,其信号的频段在 2.330GHz 左右(如下图)但是信号的强度相对 2G 和 3G 来说小一些,大致在-31.90 dBm。从图像上来看该信号覆盖的频段范围相较于大。

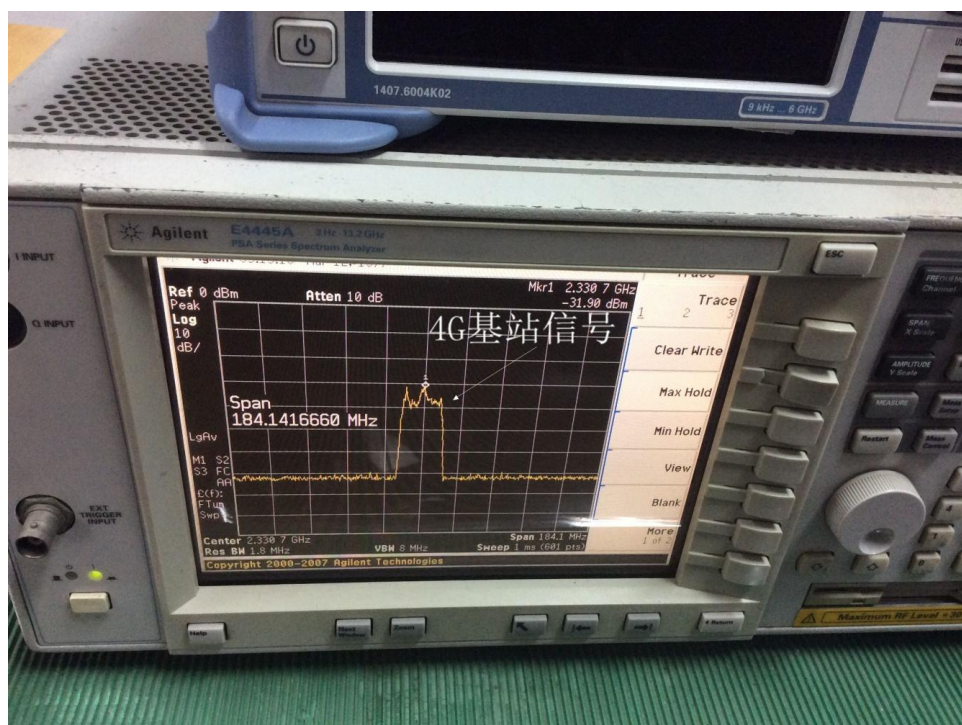


图 9

在通话时的手机信号上,3G 和 4G 也有着一个显著的特点——手机信号极为微弱,难以被捕捉。将频段锁定在表格给出的对应下行频段范围后,在天线边用手机通话,频谱仪上的读数始终没有明显的变化。这与 GSM 手机通话时伴随出现的极强信号形成了明显的对比。

实验结论:

经过对测量数据的分析,我们可以发现不同通信制式运行过程中实际覆盖的频段与官方给出的数据一致。当手机处于待机过程中,发射的信号十分微弱,与基站发射的信号相比可以不计。

而在通话过程中,2G手机与3G和4G手机的表现有较大差异。2G手机的通话信号强度远远大于3G和4G手机,近距离测量其强度甚至大于基站的信号强度。由此可以说明2G手机对人体健康的潜在危害的确是较大的,而3G和4G手机在使用过程中更加的绿色、节能。出于对人体健康的考虑,人们不妨将自己使用的2G手机更换为3G或4G,这样可以规避使用手机过程中电磁辐射带来的潜在威胁。

结 论

- 1、移动通信制式的演变大致有着更低时延、更高可靠、更低功耗的特点。
- 2、GSM(2G)手机通话时的辐射功率大于WCDMA(3G)和TD-LTE(4G)手机,因此对人体潜在威胁较大。

致 谢

高中三年已经进入了紧张冲刺的最后阶段,而“未来卓越工程师”项目也即将收尾。首先感谢金陵中学和东南大学能够给我提供这次机会,提前感受大学中参与课题研究,进行试验的乐趣,并从中获得了教益。

其次要感谢这个项目进行过程之中帮助过我们的每一个人。首先,要感谢我的导师陈继新老师,他为这篇论文的写作提供了极大的帮助。在我遇到困难的时候向他请教,每一次都能得到十分热心的答复。陈继新老师不仅抽出自己的空余时间帮助我们联系实验,还多次接送我,解决了交通上的不便。他的所作所为将激励我在今后的学习中努力拼搏。

其次还要感谢开题报告时评审我们的各位老师,他们对我们的项目提供了许多有益的建议和指导。

最后还要感谢之前一直和我合作的付泳淦同学,他负责了许多前期与导师的联系工作,并和我一起进行了开题报告。希望他在新的学习环境之中保持积极优秀的状态。

Survey of Mobile Communication System and Protection against Radiation

Liu Yeyang

Abstract: The development of communication technology is closely tied with the development of the world's economy. It brings social individuals more attached to each other, thus improve the economy efficiency and cast a profound and lasting influence to human being civilization and living situation. The purposes of this research include such things below: Studying the history of mobile communication development, investigating the accurate parameters of those mobile communication system used in our everyday life, comparing the radiation we being exposed to when we using cell phones of different communication systems. Then we can conclude the development of modern mobile communication technologies and predict the trend of evolvement of future communication technologies, better enjoy the convenience which it brings us and moreover we can avoid the potential risk when engaging in such activities.

Key words: Mobile Communication Technology ; GSM; LTE; CDMA; Cell phone radiation.

参考文献:

[1] “5G 就要来了? 解密移动通信技术发展变迁” 耿立鑫

<http://pad.zol.com.cn/523/5234260.html>

[2] 第一代移动通信技术 百度百科

http://baike.baidu.com/link?url=kotuLJrdA0T1f9SN9bjxwxtW6YNk-RrBu3XQio7fxWJHYOfqhpUV3tACUG9WqZtNAs_m6oS7M68WTmc29eqjt_

[3] 全球移动通信系统 百度百科

<http://baike.baidu.com/link?url=oMOz00gvif8eoV7bFmCZtkIEvKYnNGa3b4HLT9VpfGOfbSPKOcqOm6VP7CY8jB-onRKS0DK1AgWtJfPoiB49iK>

[4] 看国内三大运营商的详细制式 中关村在线 蔡文清

<http://pad.zol.com.cn/446/4462148.html>

农药检测芯片与 3d 打印

杨媛平
(金陵中学, 南京)

摘要: 有机磷农药多为磷酸酯类或硫代磷酸酯类, 是用于防治植物病、虫、害的含有机磷农药的有机化合物。然而, 有机磷农药抑制胆碱酯酶的机理会使其失去催化的活性, 导致乙酰胆碱水解也受抑制, 从而导致其积聚影响中枢神经系统。因此, 对农药测定至关重要。我们设计了酶传感器用于农药检测, 利用浓差电池在纸芯片上的制作完成传感器, 并将重点放在电极印章的 solid works 设计与 3d 打印上。

关键词: 酶传感器 纸芯片 solid works 软件 3d 打印

1. 绪论

1.1 有机磷农药的危害与检测

有机磷农药多为磷酸酯类或硫代磷酸酯类, 是用于防治植物病、虫、害的含有机磷农药的有机化合物。它有多品种, 用途广等优点。然而, 有机磷农药可进入人体, 并且因为其抑制胆碱酯酶的活性的机理, 使胆碱酯酶失去催化乙酰胆碱水解作用, 积聚的乙酰胆碱将可能破坏兴奋和抑制的平衡, 引起中枢神经调节功能紊乱, 大量积聚可进行中枢神经系统抑制, 导致人死亡。因此, 搞好有机磷农药检测至关重要。

1.2 酶传感器

传统传感器需用参比电极, 常需要制作复杂的离子选择性膜^[1]鉴于传统方法耗时且代价昂贵等特点, 我们研究了酶传感器这一电化学纸芯片和酶传感器结合进行农药检测的方法。这一方法以浓度差电池为原理, 在纸芯片上制作两个独立分开的检测区, 以狭窄通道相连, 当两个检测区的电解质浓度不同时, 伴随着过程吉布斯自由能转变成电能, 会形成一个浓差电池^[2], 通过检测电势, 可以计算出两个检测区的电解质浓度比。电解质溶液浓度可以通过农药可以抑制乙酰胆碱酯酶的活性, 而乙酰胆碱酯酶可以催化乙酰胆碱发生氧化还原反应这一原理得到体现从而完成农药的定量检测。

1.3 电极印章的 SolidWorks 设计 与 3d 打印

在设计酶传感器时, 对电极印章的草图设计与打印有较为苛刻的要求, 我将重心放在了电极印章的 solid works 草图设计上, 通过对比不同材料与卡槽宽度对结果的影响, 寻求合理的电极印章的 3d 打印方式与草图设计尺寸。

2. 传感器原理与制作

2.1 浓差电池

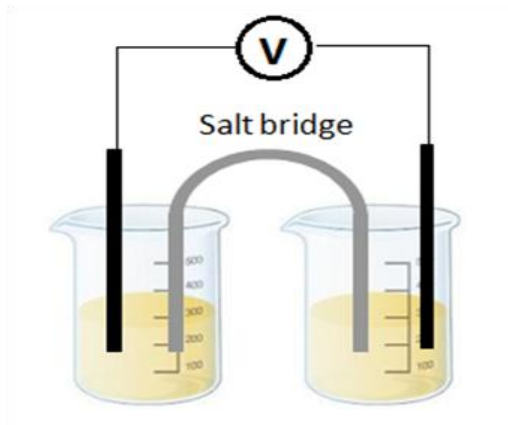
2.1.1 电池的烧杯与纸芯片形式

根据能斯特公式, 在电极上有:

$$E = E^{0'} + \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_O}{C_R}$$

其中, $E^{0'}$ 表示的是标准电极电势, R 表示气体常数, 为 $8.31J/(Kmol)$, T 表示热力学温度 (单位: K), n 表示电极反应中电子转移数, 而 F 则是法拉第常数, 为 $96.49kJ/(Vmol)$, C_O 和 C_R 分别表示氧化性电活性物质和还原性电活性物质, 分别为铁氰化钾和亚铁氰化钾。

下图为烧杯中与纸芯片上电池的展现。



其中，纸芯片上等腰三角形的底边左右两个圆弧部分相当于烧杯，右半电池中含有 0.5 □ L 0.01 M 的磷酸缓冲溶液(PBS, pH 7.4)， 500 mM 铁氰化钾和 500 mM 亚铁氰化钾，左半电池中含 0.5 □ L 0.01 M 的磷酸缓冲溶液(PBS, pH 7.4)，溶液中包含不同浓度的铁氰化钾和亚铁氰化钾，底边上左右两个半电池通过底边形成的通道进行电子传递，相当于烧杯中的盐桥。

2.1.2 可行性

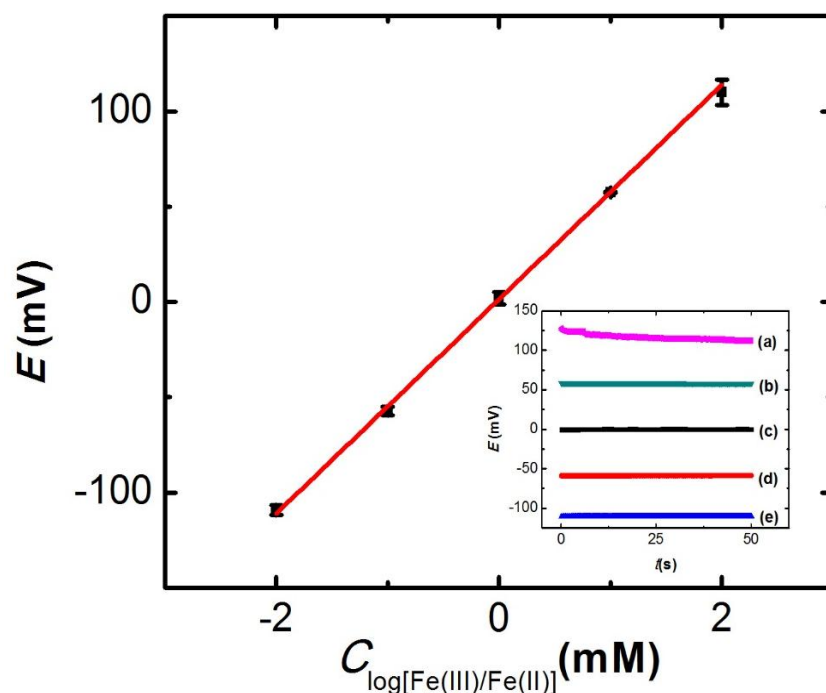
左半电池电势：

$$E_{left} = E^{0'} + 0.059 \log \frac{[Fe(CN)_6]^{3-}_{left}}{[Fe(CN)_6]^{4-}_{left}}$$

右边半电池测到的电势则 $E_{right} = E^{0'} + 0.059 \log \frac{[Fe(CN)_6]^{3-}_{right}}{[Fe(CN)_6]^{4-}_{right}}$,

两者的差值： $E_{right} - E_{left} = 0.059 \log \frac{[Fe(CN)_6]^{3-}_{left} * [Fe(CN)_6]^{4-}_{right}}{[Fe(CN)_6]^{4-}_{left} * [Fe(CN)_6]^{3-}_{right}}$

通过铁氰化钾和亚铁氰化钾的浓度比得理论值， 其与事实相符。

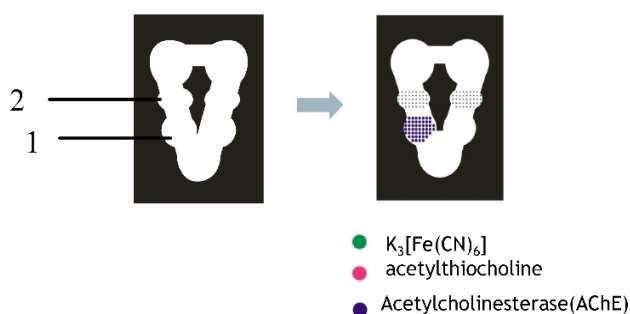


铁氰化钾和亚铁氰化钾浓度的对数比的电势响应曲线

2.2 纸芯片原理与制作

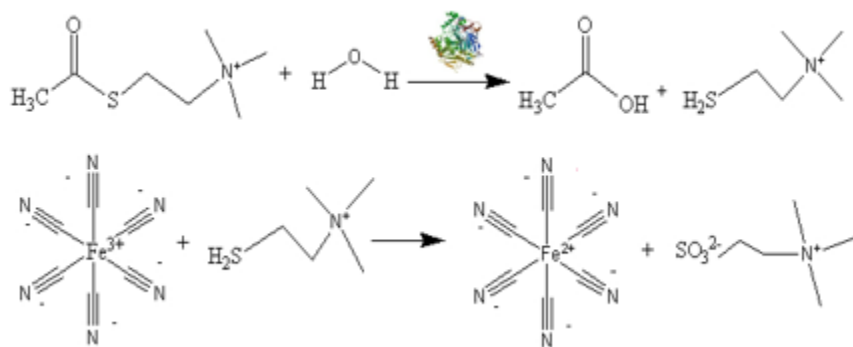
相对于塑料分析芯片，纸分析芯片的原料成本更低，并且制作过程不复杂，使用喷蜡打印机打印图案加热之后即可形成通道，在纸孔毛细作用的帮助下，液体可以在通道中流通而无需进行亲水处理^[3-5]。可用 Whatman grade 1 色谱纸来进行纸芯片的制作，使用 CorelDraw 软件完成标准蜡图案，打印使用施乐 8570N 喷蜡打印机完成。打印完成后，把纸芯片带有蜡印图案的一面朝上，置于热台上进行 125 °C 高温加热 1 分钟，使蜡融化，渗入纸张并达到纸张的另一面。纸芯片制作完成，可以直接用于农药电化学检测。

如图所示，其中，1 为第一反应区，2 为第二反应区。左边第一反应区中含 0.3 □ L 0.01 M 的磷酸缓冲溶液(PBS, pH 7.4)，溶液中包含 51.8U/ mL 乙酰胆碱酯酶，左右边第二反应区中各滴入 0.3 □ L 0.01 M 的磷酸缓冲溶液(PBS, pH 7.4)，溶液中包含 100 mM 铁氰化钾和 40 mM 乙酰胆碱，芯片在 25 °C 下完全干燥。



2.3 电池的氧化还原反应原理

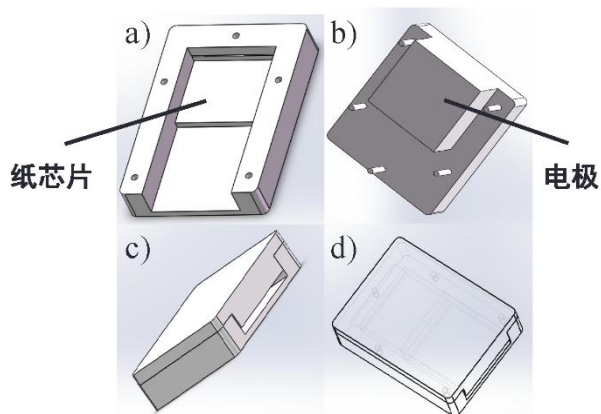
有机磷农药可抑制乙酰胆碱酯酶的活性，而乙酰胆碱酯酶可以水解乙酰胆碱，生成具有还原性的巯基，巯基使三价铁还原成为二价铁。通过这一系列反应，原理如图，就可以实现农药的定量检测。



3. 电极印章与 3d 打印

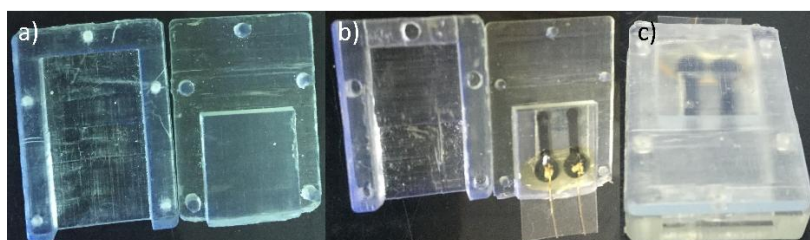
3.1 电极印章形态

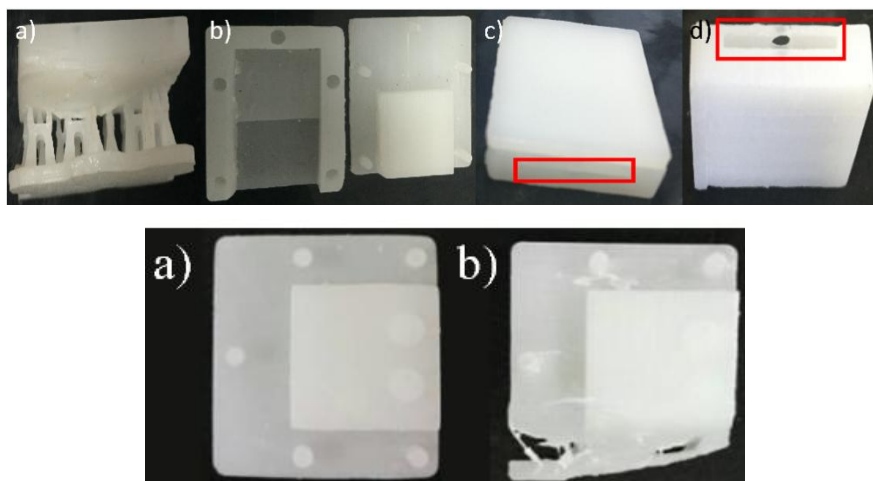
用 solid works 软件设计出图纸，其形态如图所示，分为上下两部分，二者必须紧密结合。图 a) 为了印章电极的下部，中间的卡槽平台用于悬空与固定纸芯片。图 b) 是印章电极的上部，其突出的部分可产生压力对电极进行固定，更保证了电极与纸芯片的紧密结合，利于电势的传导。



3.2 打印机与材料

采用 formlabs3D 打印机进行打印，它借用液态光敏树脂对其进行光刻实现打印。下图为透明与白色树脂的打印模型。





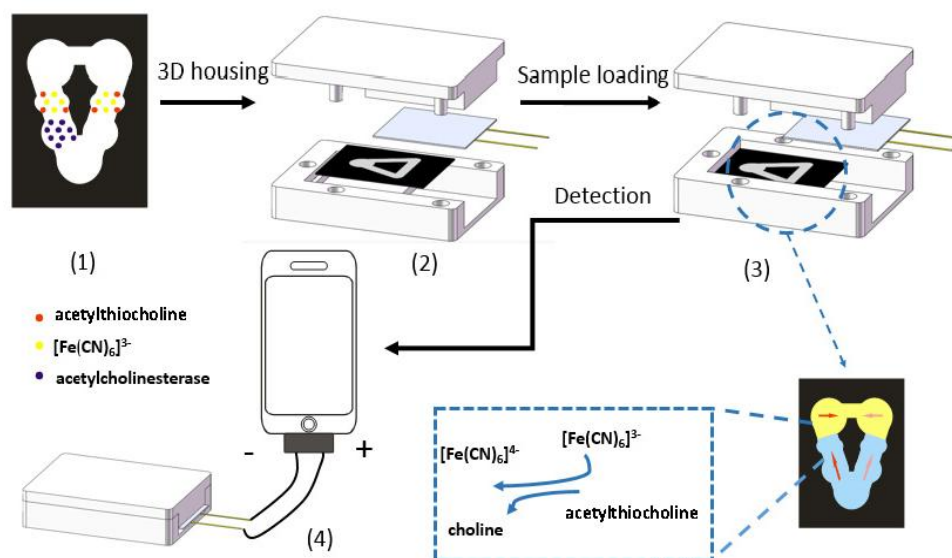
3.3 设计要求

这款打印机不是由固体粘合材料并且逐层打印的，它以液体为原料，通过紫外线照射进行固化。并且不同于传统的从下至上打印物体，Formlabs 打印头平台朝下，浸没于树脂中，通过缓慢上移层层打印，先打出支架，通过树脂液体的粘附力，支架和打印平台间连接，然后逐层上移，感觉像是从液体逐渐拉出倒置的打印物，因此固化的速度有较高的要求，如果成型速度过慢，在重力的影响下，还未固化的液滴就会下落，毁坏下一层制作。打印电极印章时，则体现为如果打印基底面设置错误，悬空的卡槽将不能成型，而是被上层未固化液体堵住。如果要成功打印出悬空卡槽，要求十分苛刻；卡槽的宽度必须合理，太宽则难以卡不住纸张，太细，卡槽便不好打印。打印平面的设置也非常重要，支架的平面如果太薄，支架的设置则被影响而出现问题，延伸至打印品，直接导致打印品的不完整性。

4.使用与组装

- a) 于移动终端的 USB 接口上将检测系统的电位信号采集硬件模块插入，启动该移动终端软件程序，确认检测系统的移动终端软件与手机连接成功，选择农药检测模块；
- b) 将分析纸芯片插入印章电极的卡槽中保持悬空，用移液枪吸取 9 L 待测溶液滴于分析纸芯片的入口并且按下手机界面上的开始按钮；
- c) 等待手机（5 分钟）出提示音，将上部印章电极盖在下部印章电极上，结果显示在界面上并自动保存，可随时调用。

组装如下：



结 论

该检测系统摆脱了传统检测代价高的特点，并且将传感器与移动终端结合，使检测变得更加方便可行，亦符合目前移动医疗趋势。

此外，3d 打印作为新兴的科技手段，在该检测系统中有充分体现，该系统对 3d 打印的前景也有所展望。

致 谢

在此鸣谢东大的刘宏导师以及学长的帮助，使我对生物医学有了基本认识，对未来也有了规划。

Pesticide detection chip with 3d printing

Yangyuanping

Abstract:the organophosphorus pesticide for phosphate ester,phosphate eater or sulfur generation is used foe the prevention and control of plant disease and insect,harm of organic compounds containing organophosphorus pesticide.However,the mechanism of organophosphorus pesticide inhibit cholinesterase would lose its catalytic activity,causes hydrolysis of the acetylcholine is suppressed,resulting in the accumulation affects the central nervous system.Therebefore,the determination of pesticides is very important.We design thge enzyme sensor used for pesticide detection,the use of concentration cell chip in paper making complete sensors,and focuses on the seal of the solid electrode design and 3d printing works.

Keywords: paper enzyme sensor chip solid works software 3d pringing

参考文献

- [1] Marta Novell; Tomàs Guinovart; Pascal Blondeau; F. Xavier Rius and Francisco J. Andrade, A paper-based potentiometric cell for decentralized monitoring of Li levels in whole blood. Lab Chip, 2014, 14, 1308–1314.
- [2] Hong Liu; Yu Xiang; Yi Lu and Richard M. Crooks, Aptamer-Based Origami Paper Analytical

Device for Electrochemical Detection of Adenosine. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2012, 51, 6925–6928.

[3] Christophe Renault; Morgan J. Anderson; and Richard M. Crooks, Electrochemistry in Hollow-Channel Paper Analytical Devices. *J. Am. Chem. Soc.* 2014, 136, 4616–4623.

[4] Ali Kemal Yetisen; Muhammad Safwan Akram and Christopher R. Lowe, Paper-based microfluidic point-of-care diagnostic devices. *Lab Chip*, 2013, 13, 2210–2251.

[5] Andres W. Martinez; Scott T. Phillips; and George M. Whitesides, Diagnostics for the Developing World: Microfluidic Paper-Based Analytical Devices. *Analytical Chemistry*, Vol. 82, No. 1, January 1, 2010.

面向环境测量的 Arduino 智能车

周啸峰 高震宇
(金陵中学, 南京)

摘要: 本课题分为三个模块, 遥控模块, 自主避障模块和环境测量模块, 遥控模块是用 wifi 模块将小车的实时画面发送到上位机上, 并用上位机对小车的运动状态进行控制。自主避障模块和测量模块是本课题的重点, 我们主要通过测量声呐传感器收到回波的时间, 判断小车到障碍物的距离, 从而选择较优避障方案, 在环境测量模块中, 我们采用中值滤波的方法整理得到的数据, 除去奇异值, 使得报警更加准确。

关键词: arduino ; C 语言; 避障 ; 传感器

1. 绪论

1.1 课题背景

在一些潜在危险的现场, 可能会对进入人员生命或健康构成危险, 就需要移动机器人来代替人进入这些环境, 进行环境测量、探测地形等工作。利用智能小车(移动机器人)作为移动测量节点, 可以通过遥控小车, 深入到人无法达到的场所, 根据自身所携带的传感器对所处周围环境进行环境测量、视频采集, 并把有用信息返回给远程的监控人员。

本课题的研究任务是, 开发一种能够通过遥控在室内外环境下测量环境空气质量 (Indoor Air Quality, IAQ) 的智能小车。采用 Arduino 单片机作为微控制器, 利用现有的外围电路, 开发智能车运动控制功能, 搭载 PM2.5 环境测量传感器实现室内空气质量的实时测量。【考虑到使用甲烷、一氧化碳的危险性, 这里改为了 PM2.5 探测器】

1.2 现有研究状况

气体检测装置与仪表大多是固定式和便携式两种。固定式气体探测器一般安装在厂房、仓库等固定的检测点, 需和报警控制器配合使用, 控制器可放置于值班室内, 主要对各监测点进行控制。固定式检测装置探测器安装于有害气体最易泄露的地点, 一般需要在现场安装的数量比较多, 这就导致成本大大增加, 且只能在安装点及其附近进行检测, 导致测量的参数不具任意性。

便携式仪器操作方便, 体积小巧, 可以携带至不同的生产部位。电化学检测仪采用碱性电池供电, 可连续使用 1000 小时; 新型 LEL 检测仪、PID 和复合式仪器采用可充电电池(有些已采用无记忆的镍氢或锂离子电池), 使得它们一般可以连续工作近 12 小时, 所以, 这类仪器在各类工厂和卫生部门的应用越来越广。但便携式检测装置也有其缺陷, 比如仍需要检测人员以手持方式到现场进行检测。在某些气体浓度严重超标, 对人身造成伤害甚至可能会导致死亡的情况下, 人员就不能进入到现场进行测量。

在这种情况下, 监测机器人可以使用手动检测模式进入现场, 通过远程控制的方式在需要检测的地点进行检测, 这就保障了人身安全。有害气体监测机器人可以实现工业现场任意地点任意时刻的环境参数检测, 数据采集具有很强的灵活性, 并可采集到的数据以无线方式上传至上位机。

目前国内工业现场的监控有组态监控和摄像监控。组态监控有其弊端, 比如只能模拟出现场画面, 不能真实地反映现场的场景。而有线摄像监控系统在需要防爆隔爆的场合又存在因线路短路而引起火花的隐患, 并且摄像监控装置只能安装在固定位置, 受摄像头摆动角度限制, 易造成监控死角。采用无线网络远程遥控小车, 传回视频画面和有害气体监控数据, 可以大大降低对人的伤害并且小车可以灵活地前往指定位置进行探测。

随着机器人技术的不断发展, 人们对机器人的要求也越来越高, 机器人的智能化已成为

当今的热点。智能小车作为一种四轮驱动的智能机器人，它行动灵活、操作方便，车上可集成各种传感器，通过将传感器数据采集处理与机器人远程遥控相结合，实现遥控的环境测量。

Arduino 智能车是目前国内外最新的一种开发技术。Arduino 平台中使用的 AVR 中 ATMEGA168 或是 328 的芯片，虽然还只是 8 位芯片，但是却是采用了 RISC 指令，并且采用了各种先进技术，使得芯片的技术大幅提升，其作为智能小车控制平台有非常大的开发空间。Arduino 作为软硬件开源平台，在智能车的研究中更具活力。

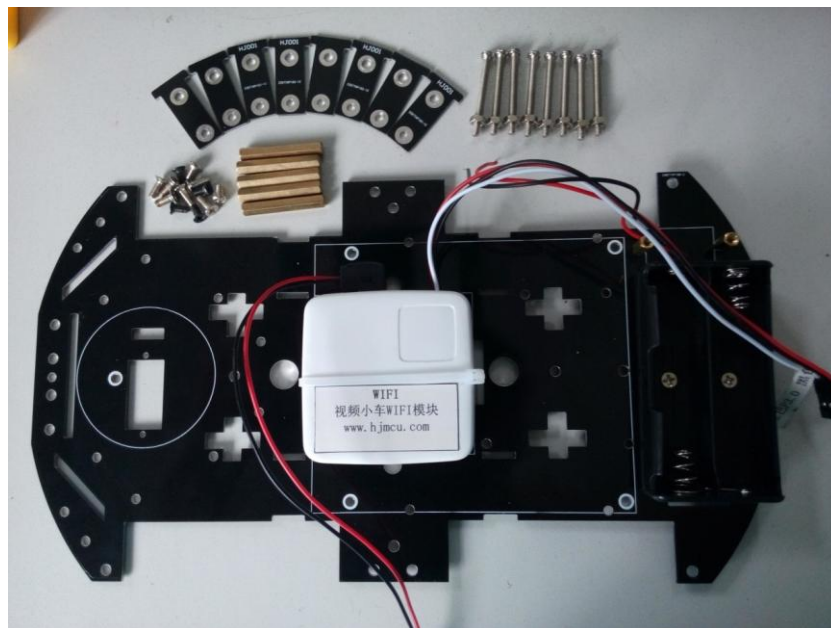
2. 开发方法

2.2 智能车硬件搭建

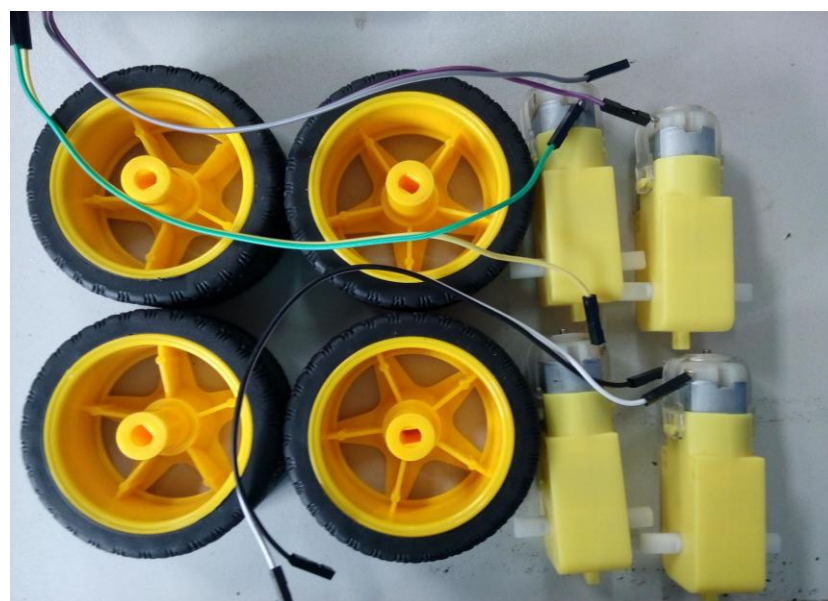
2.2.1 小车硬件系统搭建

(1)硬件需求

四驱 PCB 车盘以及相关配件，包括螺栓、螺母、螺丝以及铜柱等。



小车马达和小车车轮



arduino R3 主控制板和 arduino 驱动扩展板 AR-293D

arduino R3 开发板采用 Atmega328P-PU 处理器，该处理器是基于 AVR 指令集的 8 位处理器，主频 20MHz，存储空间 32KB。Arduino R3 开发板的硬件开源并且可以扩展。而且有一款专门针对 arduino 开发板的开发软件，这一款开发软件是开源的并且对于初学者来说简单易懂，它的编程语言可以通过 C++ 库进行扩展。arduino R3 拥有 14 个数字输入输出端口和 6 个模拟输入输出端口，USB 接口供电，支持 3.3V 和 5V 的直流电输出。关于 arduino R3 开发板的更多详细资料我们可以到 arduino 的官方网站 <http://arduino.cc/> 去查看。

AR-293D 驱动扩展板集成 293D 驱动芯片，可以驱动 2 轮以及 4 轮智能小车。集成蓝牙接口，WIFI 接口，本驱动板需要 7.2-9V 供电，并且集成 5V 电源稳压芯片，可以直接给 5V Arduino 核心板供电。



电池和 LED 数码管充当的电压表



摄像头

该摄像头采用 USB 供电，与 WIFI 模块相连之后将拍摄到的画面通过无线的局域网实时地传输到上位机。



Wifi 模块

Wifi 模块主要的作用传输上位机发送给小车的指令和摄像头拍摄的画面。

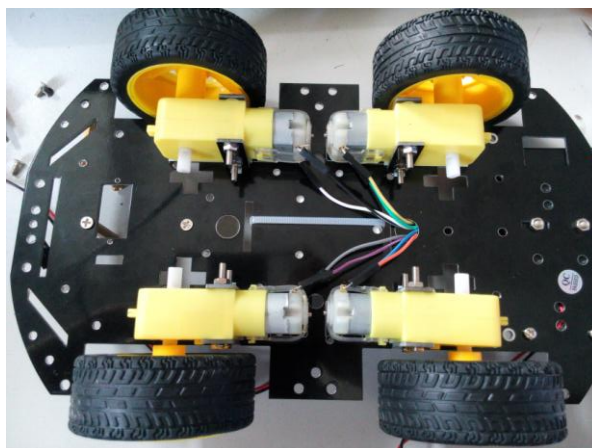


(2)小车的组装

小车马达和小车轮子的安装要用到的部件如下图所示：



组装后的结果如下图所示：

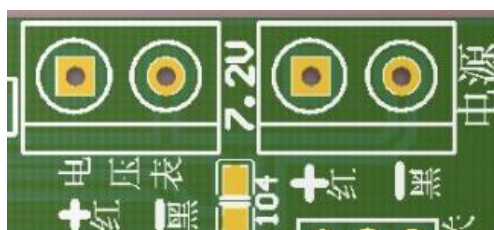


WIFI 模块、主控制板、驱动板、摄像头、电池和电压表的安装

安装后如下图所示：其中 **arduino** 主控制板在驱动板下面，驱动板一方面给核心板提供 5V 电源，另一方面它与核心板的引脚完全兼容，方便开发者在上面焊接元器件。

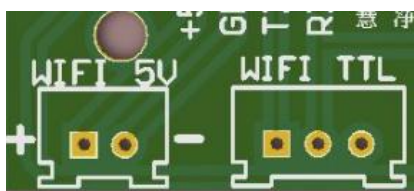
(3)接线

电压表和电源的接线：将从电压表和电源正负极引出的线分别接到驱动板相应的位置。这样的位置在驱动板上有明显的标注，如下图所示。

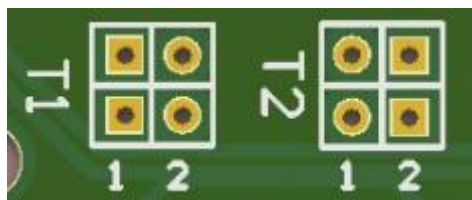


摄像头的接线：只需将摄像头的 USB 插头插入 **wifi** 模块的插孔里面。

wifi 模块的接线：将 **wifi** 模块的电源线和信号线分别接到驱动板的相应位置上，注意在烧写程序之前不要将信号线接上，在小车调试时要把信号线接上。



小车马达的接线：小车的四个马达引出 8 根线接到驱动板上标有 T1、T2 的位置上，但是接线工作还没有完成，在小车调试的工作中主要就是调试马达的接线位置。



完成效果图如下



3.2.3 arduino 控制器

测量通过 Arduino 微控制器接口编程实现。Arduino 语言是建立在 C/C++基础上的，其实也就是基础的 C 语言，Arduino 语言将 AVR 单片机（微控制器）相关的一些参数设置模块化，包括 EEPROM、以太网、LED 矩阵、舵机、步进和 TWI/I2C 控制程序库，不需要用户直接处理底层系统，可以提高应用程序的开发效率。

Arduino 语言是以 `setup()` 开头，`loop()` 作为主体的一个程序构架。`setup()` 用来初始化变量、管脚模式、调用库函数等等，该函数只运行一次，功能类似 C 语言中的“`main()`”。`loop()` 函数是一个循环函数，函数内的语句周而复始的循环执行

2.3 基于声纳传感器的智能避障运动

2.3.1 双轮的速度控制

(1) Arduino 微控制器上与运动相关的函数为：

<code>digitalWrite</code> 用于控制对应马达的启动 <code>analogWrite</code> 用于控制对应马达的转动速度

参数说明：

<code>Right_motor_go</code> 控制小车右电机前进的引脚 <code>Right_motor_back</code> 控制小车右电机后退的引脚 <code>Left_motor_go</code> 控制小车左电机前进的引脚 <code>Left_motor_back</code> 控制小车左电机后退的引脚
--

因此控制小车前进或后退的关键代码为：

```
digitalWrite(Right_motor_go,HIGH); //右电机前进
digitalWrite(Right_motor_back,LOW);
analogWrite(Right_motor_go,165);//PWM 调速
analogWrite(Right_motor_back,0);
digitalWrite(Left_motor_go,HIGH); // 左电机前进
digitalWrite(Left_motor_back,LOW);
analogWrite(Left_motor_go,115);//PWM 调速
analogWrite(Left_motor_back,0);
delay(time * 100); //执行时间
}
```

(2) 刹车

控制小车停止运行的关键代码为：

```
digitalWrite(Right_motor_go,LOW);
digitalWrite(Right_motor_back,LOW);
digitalWrite(Left_motor_go,LOW);
digitalWrite(Left_motor_back,LOW);//关停所有电机
```

```
    delay(time * 100); //执行时间
}
```

(3)

控制小车主转或右转（轨迹中心不为车的几何中心）的关键代码为：

【左转】

```
{
digitalWrite(Right_motor_go,HIGH); // 右电机前进
digitalWrite(Right_motor_back,LOW);
analogWrite(Right_motor_go,200);
analogWrite(Right_motor_back,0); //PWM 调速
digitalWrite(Left_motor_go,LOW); //左电机后退
digitalWrite(Left_motor_back,LOW);
analogWrite(Left_motor_go,0);
analogWrite(Left_motor_back,0); //PWM 调速
delay(time * 100); //执行时间
}
```

【右转】

```
{
digitalWrite(Right_motor_go,LOW); //右电机后退
digitalWrite(Right_motor_back,LOW);
analogWrite(Right_motor_go,0);
analogWrite(Right_motor_back,0); //PWM 比例 0~255 调速
digitalWrite(Left_motor_go,HIGH); //左电机前进
digitalWrite(Left_motor_back,LOW);
analogWrite(Left_motor_go,200);
analogWrite(Left_motor_back,0); //PWM 比例 0~255 调速
delay(time * 100); //执行时间
}
```

(4) 控制小车主转或右转（轨迹中心为车的几何中心）的关键代码为：

【左转】

```
digitalWrite(Right_motor_go,HIGH); // 右电机前进
digitalWrite(Right_motor_back,LOW);
analogWrite(Right_motor_go,150);
analogWrite(Right_motor_back,0); //PWM 调速
digitalWrite(Left_motor_go,LOW); //左电机后退
digitalWrite(Left_motor_back,HIGH);
analogWrite(Left_motor_go,0);
analogWrite(Left_motor_back,150); //PWM 比例 0~255 调速
delay(time * 100); //执行时间
}
```

【右转】

```
{
```

```

digitalWrite(Right_motor_go,LOW); //右电机后退
digitalWrite(Right_motor_back,HIGH);
analogWrite(Right_motor_go,0);
analogWrite(Right_motor_back,150);//PWM 调速
digitalWrite(Left_motor_go,HIGH);//左电机前进
digitalWrite(Left_motor_back,LOW);
analogWrite(Left_motor_go,150);
analogWrite(Left_motor_back,0);//PWM 比例 0~255 调速
delay(time * 100); //执行时间
}

```

(5) 控制小车后退的关键代码为:

```

{
digitalWrite(Right_motor_go,LOW); //右电机后退
digitalWrite(Right_motor_back,HIGH);
analogWrite(Right_motor_go,0);
analogWrite(Right_motor_back,200);//PWM 调速
digitalWrite(Left_motor_go,LOW); //左电机后退
digitalWrite(Left_motor_back,HIGH);
analogWrite(Left_motor_go,0);
analogWrite(Left_motor_back,200);//PWM 调速
delay(time * 100); //执行时间
}

```

2.3.2 声纳云台的转角控制

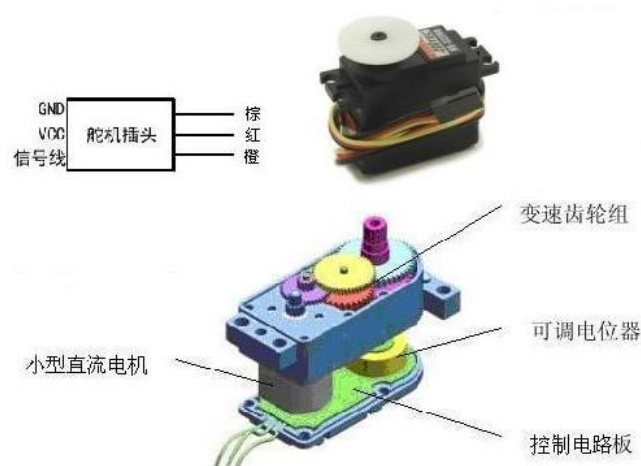


图 1 声纳云台

本实验中我们使用云台(舵机)控制声纳传感器左右转动来感知周期环境的障碍物，以实现避障功能，舵机的控制主要使用到三根数据线，VCC 和 GND 接电源的正负极用于给舵机供电，信号线用于控制舵机的转角。



图 2 舵机实物图

舵机转角的是通过 PWM 信号进行控制的，PWM 信号为脉宽调制信号，其特点在于他的上升沿与下降沿之间的时间宽度。高电平的空占比越大舵机的转角就越大，通过控制高电平和低电平的比列就可以控制舵机的转角，我们的函数源码如下，它是用模拟的方式来产生 PWM 值。

```
void servopulse(int servopin,int myangle)/*定义一个脉冲函数，用来模拟方式产生 PWM 值*/
{
    pulsewidth=(myangle*11)+500;//将角度转化为 500-2480 的脉宽值
    digitalWrite(servopin,HIGH);//将舵机接口电平置高
    delayMicroseconds(pulsewidth);//延时脉宽值的微秒数
    digitalWrite(servopin,LOW);//将舵机接口电平置低
    delay(20-pulsewidth/1000);//延时周期内剩余时间
}
```

2.3.3 声纳测距原理及测距编程

超声波测距模块采用。超声波发射器向某一方向发射超声波，在发射的同时开始计时，超声波在空气中传播，途中碰到障碍物就立即返回来，超声波接收器收到反射波就立即停止计时。声波在空气中的传播速度为 340m/s，根据计时器记录的时间 t，就可以计算出发射点距障碍物的距离 s，即： $s=340m/s \times t / 2$ 。这就是所谓的时间差测距法。



图 3 超声波测距模块



图 4 超声波测距原理（信号时序）

Arduino 微控制器上与超声波测距传感器相关的函数为：

pulseIn(): 用于检测引脚输出的高低电平的脉冲宽度。

pulseIn(pin, value)

pulseIn(pin, value, timeout)

参数说明：

Pin---需要读取脉冲的引脚

Value---需要读取的脉冲类型，HIGH 或 LOW

Timeout---超时时间，单位微秒，数据类型为无符号长整型。

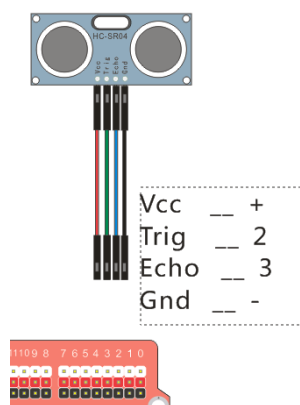


图 5 超声波测距模块接口

因此相应的超声波测距关键代码为：

float Distance_test() // 量出前方距离

```
{
    digitalWrite(Trig, LOW); // 给触发脚低电平 2μs
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(Trig, HIGH); // 给触发脚高电平 10μs，这里至少是 10μs
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(Trig, LOW); // 持续给触发脚低电
    float Fdistance = pulseIn(Echo, HIGH); // 读取高电平时间(单位：微秒)
    Fdistance= Fdistance/58; // Y 米= (X 秒*344) /2
    // X 秒= ( 2*Y 米) /344 ==》 X 秒=0.0058*Y 米 ==》 厘米=微秒/58
    return Fdistance;
}
```

2.3.4 小车漫游避障控制策略

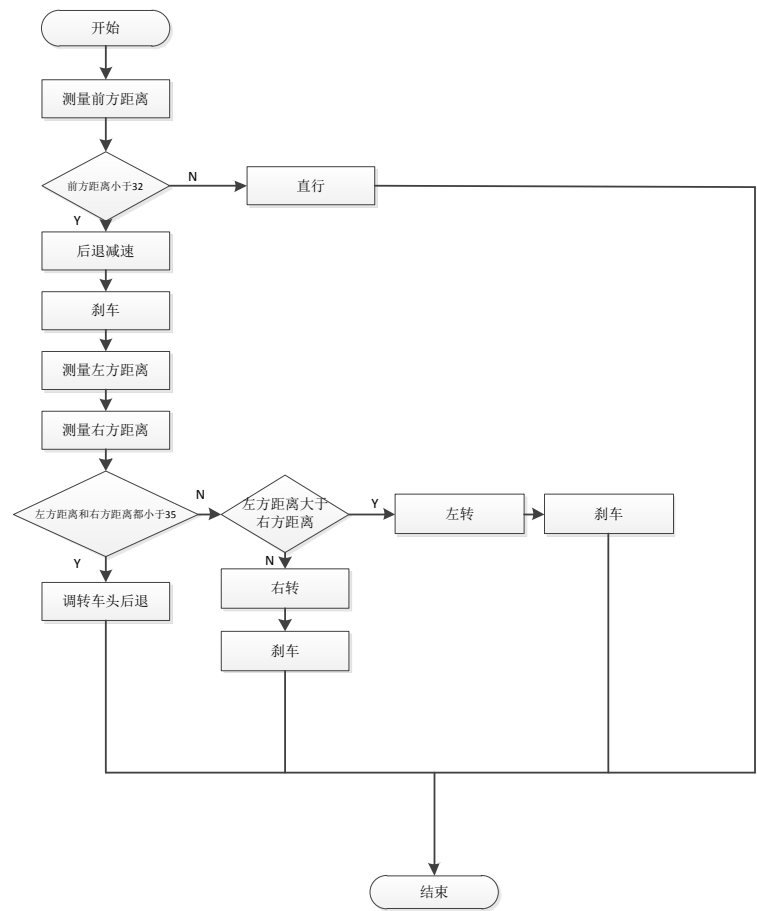


图 6 避障流程

小车在行进过程中，声呐传感器不断检测小车周围是否有障碍物。当声呐传感器检测到障碍物时，通过判断检测到障碍物的大致方位以及形状，来实现小车全方位自动避障。当小车避开障碍物后，小车继续行进。

2.4 PM2.5 环境参数测量

2.4.1 灰尘传感器 DSM501

灰尘传感器 DSM501 由发光二极管，探测器，信号放大器电路，输出驱动电路及暖气构成，可以感知烟草产生的烟气和花粉,房屋粉尘等。可调电阻设置检测灰尘的大小。采用与粒子计算器相同原理为基础,检测出单位体积粒子的绝对个数. 它可以感知 1 微米以上的微小粒子。优点是 体积小，重量轻，便于安装。内藏气流发生器，可以自行吸引外部大气。



图 7 环境测量传感器 DSM501A

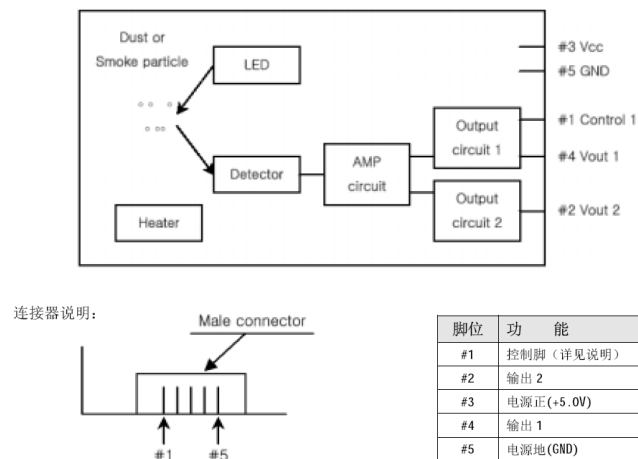


图 8 引脚定义:

2.4.2 1602 显示器接线

本实验使用 1602 液晶显示器实时显示 PM2.5 的浓度值, 各种型号的液晶通常是按照显示字符的行数或液晶点阵的行、列数来命名的。比如:1602 的意思是每行显示 16 个字符, 一共可以显示两行;类似的命名还有 0801, 0802, 1601 等, 这类液晶通常都是字符型液晶, 即只能显示 ASCII 码字符, 如数字、大小写字母、各种符号等。



图 9 液晶显示器实物图

在 arduino 的集成开发环境中封装了 1602 的使用方法, 我们可以直接调用封装好的方法来对液晶显示器进行各种操作, 在使用时首先要包含 LiquidCrystal.h 头文件, 该文件声明了关于液晶使用方法的函数, 然后定义 LiquidCrystal 类型的对象, 如 LiquidCrystal lcd(12,11,10,9,8,7,6,5,4,3,2)或 LiquidCrystal lcd(13,12,7,6,5,4,3), 不同的参数说明了液晶显示器不同的使用模式, 然后就可以调用 lcd 对象的方法来操作显示器, 用到的方法有 lcd.home()、lcd.print(" parameter: ")、lcd.setCursor(6,2)等, 这些方法方便了对液晶的使用。液晶的接线需要根据 lcd 对象的声明方法进行操作。

2.5 报警电路

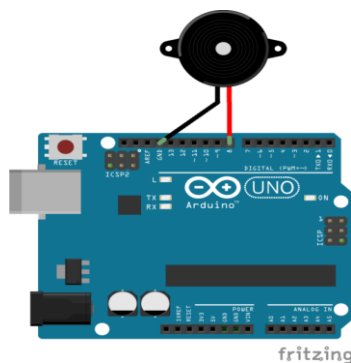
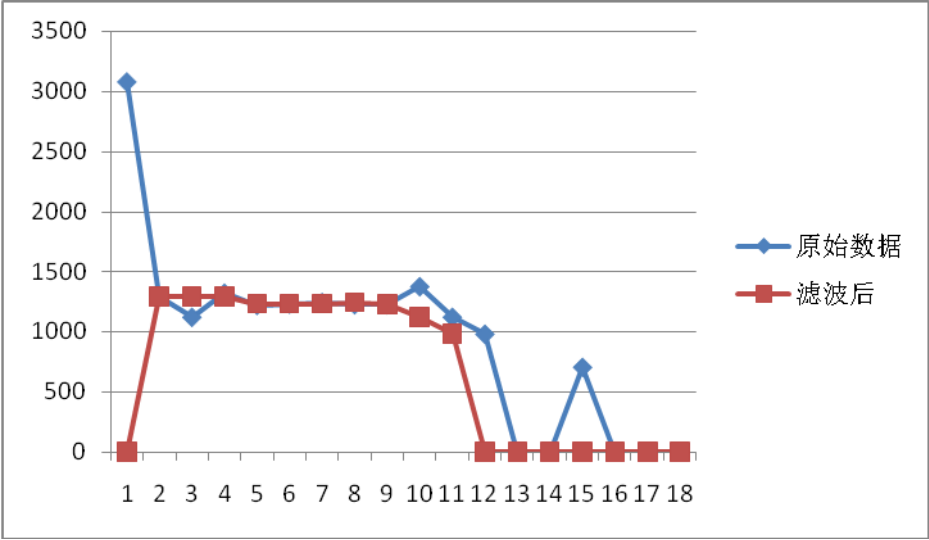


图 10 报警电路

报警电路的核心由蜂鸣器组成，通过 PM2.5 传感器采集相应数据，经中值滤波后得到当前的浓度值，测量三次之后，若三次都大于阈值，则蜂鸣器接口调至高电位，做每隔一秒一次的报警。



中值滤波

由于传感器误差等原因，PM2.5 测量数据通常存在一定奇异值，干扰了报警功能的实现。中值滤波可以过滤尖峰脉冲，因此可以在滤波后的数据基础上进行报警处理。滤波后的数据保留了原数据的变化趋势，同时去除了尖峰脉冲对分析造成的影响。

数据中值滤波的基本原理包括两个步骤：

- 1: 通过从数据中的某个采样窗口 W 取出奇数个数据进行排序；
- 2: 用排序后的中值取代要处理的数据即可。

设采集的 PM2.5 测量数据为序列 $D=\{x_1,x_2,...,x_n\}$ ，本项目采用窗口大小 $W=3$ 的中值滤波器，得到的滤波后数据序列为：

$$D'=\text{Median}(\{x_1,x_2,...,x_n\})=\{x_1',x_2',...,x_n'\}$$

在本课题中，我们将每三个数据进行一次取中间数，（定义数组 `data` 储存数据后，用冒泡排序法，将数据排序后取第二个数）

因此，中值滤波所用到的关键函数的伪代码为：

中值滤波函数：float median(float a, float b, float c)，返回中值
比较 a 与 b 若 $a > b$ ，则交换 a 与 b 比较 b 与 c 若 $b > c$ ，则交换 b 与 c 比较 a 与 b 若 $a > b$ ，则交换 a 与 b 返回 b

当数组满后，即可进行稳定的中值滤波，所以我们排除头两次所取得的中值，之后当中值大于某个阈值时，蜂鸣器响

3. 实验测试

3.1 实验环境

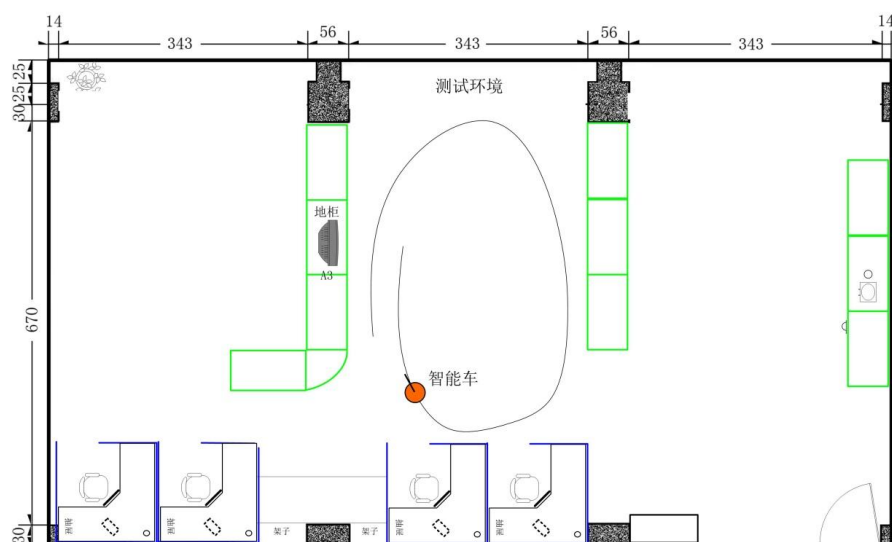


图 11 测试环境

实验在日常办公室中进行，场地在 343cm*450cm 的空地上，障碍为废旧纸箱，模拟污染源为蚊香，实验对象两台为遥控智能车和自主壁障车[因 arduino 接口限制，遥控智能模块和自主壁障模块分在两台小车上测试]。

3.2 遥控实验

该智能车车载摄像头采用 USB 供电，与 WIFI 模块相连之后将拍摄到的画面通过无线的局域网实时地传输到上位机（安卓手机）。WIFI 模块主要的作用：传输上位机发送给小车的指令和摄像头拍摄的画面。手机上的 APP 实现对于小车的前进，后退，转向等控制以及显示摄像头拍摄画面。



图 12 连接 wifi 模块



图 13 遥控避障画面

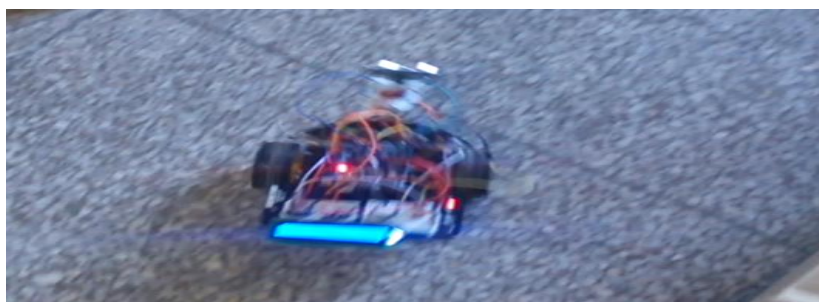
4.3 自主避障



正前方检测到障碍物，小车后退



小车检测左右障碍物距离



绕过障碍物后，小车直行

3.4 环境参数测量实验

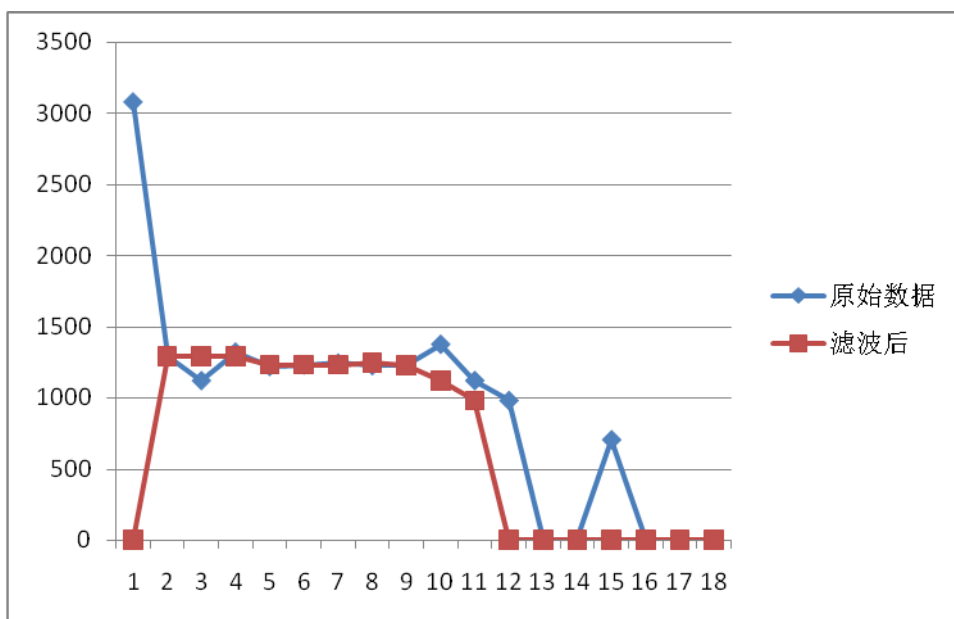


图 14 PM2.5 测量结果曲线

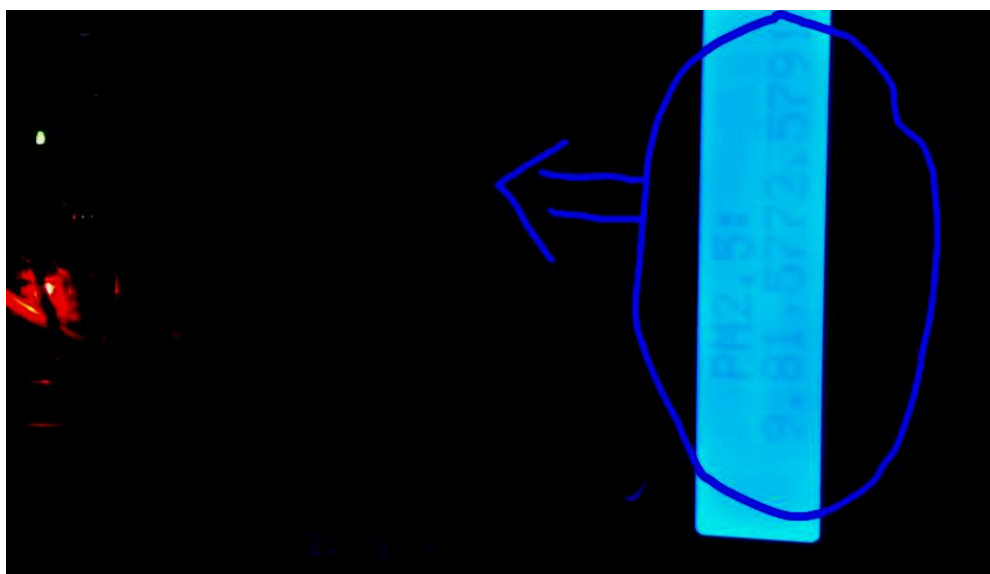


图 15 PM2.5 读数= (5772.5791/9.81)

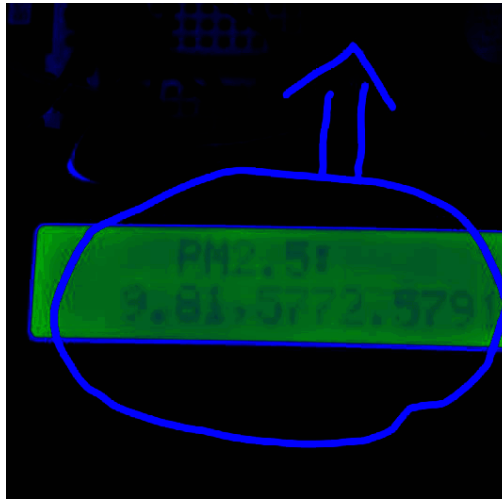


图 16 上一张图比较清楚的版本

实验过程: 打开小车的测试模块, 人工使用在旁边搓面巾纸或点燃蚊香的方式增加空气中 $\text{pm}2.5$ 浓度, 作为污染源, 将测得数据经过中值滤波之后绘制成图表。

将实验室开窗通风后将小车放到测试场地上, 在测试场地角落点燃蚊香, 让小车在场地上自由运行, 观察小车走到蚊香处之后是否停下报警。

实验现象: 在测量过程中, 小车的液晶显示屏上显示在蚊香点燃一定时间后, 小车周围的 $\text{PM}2.5$ 浓度达到阈值, 经中值滤波, 小车的蜂鸣器响。

小车在测试场地内进行自主避障, 在遇到障碍物时后退, 测距, 转向离障碍物较远的方向, 搜索到蚊香附近时停下报警。

结 论

本课题通过遥控、自主避障等方法得以使小车深入可能对人工测量危险地带测得相应的空气数值, 并采用中值滤波的方法滤去奇异值使避免误报的情况。在自主避障方面, 本课题通过测量障碍物的距离, 使小车迅速反应避障, 但传感器数量单一, 无法计算多方面数值, 一定程度上降低了准确度, 其还存在液晶屏连接不稳定, 并且不能够探测到低于声呐的障碍物等问题。

致 谢

感谢东南大学和金陵中学为我们提供的宝贵机会! 感谢钱教授为我们一直以来提供的悉心指导。还有感谢孙自飞学长, 他为我们购买相应设备、帮我们检查程序中的语法错误、跟我们一起搭建实验场地, 花了很多时间。最后感谢队友高震宇的长久以来的相互合作, 相互鼓励以及相互纠错反思!

Environmental measurements for Arduino intelligent car

Gao Zhenyu, Zhou Xiaofeng

Abstract: This programme is divided into three modules, remote module, autonomous obstacle avoidance module and environmental measurement module, remote module with wifi module will send the car's real-time images to the PC and use the PC to the car's motion control. Autonomous obstacle avoidance module and measurement module is the focus of this paper, we mainly receive

sonar sensor by measuring the echo time, the car from the obstacle to the judge in order to select optimum avoidance scheme, in environmental measurement module, we use data filtering method in order to get value, excluding the singular value such that alarm more accurate.

Keywords: arduino; C language; avoidance; sensor

参考文献

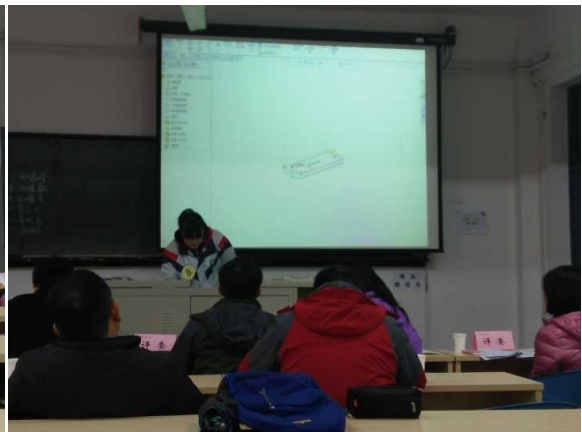
- [1] Arduino 的原理及应用_蔡睿妍 电子设计工程 2012 8 (20)
- [2] 基于 Android 系统的 Arduino 智能车设计_辛光红 学术探讨应用技术与研究 2014 (3)
- [3] 基于 Arduino_Android 的环境状况监测系统_秦华 软件透视
- [4] 基于 Arduino 的 Mecanum 轮无线遥控避障小车_李芳昕 专题报导
- [5] 基于 Arduino 的空气细微颗粒物检测器设计_陈媛 设计应用
- [6] 基于 Arduino 的智能小车避障系统的设计_戈惠梅现代电子技术 2014 6 (37)
- [7] 基于 Arduino 开发环境的智能寻光小车设计_纪欣然现代电子技术 2012 8 (35)

展示篇

2015年12月20日，东南大学—金陵中学“未来卓越工程师”培养项目的首批金中学子在东南大学四牌楼校区顺利举行了论文答辩会。

参加本次答辩的24名学员分成电子信息、生医自动化两个组，每组有8位教授组成评委会。每位学员进行10分钟结题答辩，其中6分钟学员个人答辩，4分钟评委提问点评。整个活动历时半天，答辩后评委组对整场答辩的情况进行了精彩点评，导师代表、学员代表对这一年的学习进行了总结。





评委会认为学员们的研究内容、研究过程和答辩很成功，其中学员们在科研内容和方法上的科学性、前瞻性等方面做得尤其突出。本项目也在积极探索一种新型的切实可行的创新拔尖培养模式，对学有余力、学有专长的中学生，中学和大学可以联手因接触大学的专业学科知识，逐步提升科学探究和学术研究的素养。



导师们坦言这是他们第一次指导中学生做科研，指导金中学生做研究时，在知识结构选择上，项目课题选择上，研究方法选择上对自己也很具有挑战性。好在这批优秀学生既有研究的能力又有坚持不懈的精神。正因如此，学生们的项目都完成比较成功，为后续的大学学习奠定了良好的学科知识和学术研究的基础。

东南大学学生处孙莉玲处长祝贺孩子们顺利完成论文答辩，希望金中和东大加大力度，使这个项目的合作更加深入，使学生们更好地完成高中和大学之间的知识、能力上的衔接。建议学员们继续学习与本次研究项目的相关知识，在升入大学之后把这个项目继续研究下去，争取取得更大的成果。



东南大学—金陵中学“未来卓越工程师”培养项目是 2013 年东南大学和金陵中学联合开展的创新人才培养试点项目。金中在高一升高二的学生中按照语文、数学、外语、物理四门学科选择 30 余名学生，东南大学提供信息、电子、自动化、生物医学等优势专业供学生选择，并按照不超过 3:1 的比例配备导师。学生利用一年的时间在导师及其团队指导下提前学习一些大学课程，了解对应专业的学科特色与发展前景，进入实验室参与科学研究，经过严格的开题和答辩后完成一篇项目论文。

东大金中卓工项目的合作在很大程度上弥补了中学在创新人才培养上知识和空间的不

足，基于项目研究的培养模式是一种值得推广的大学先修课程模式，比单一的课程学习、辅导讲座更加便于学生了解大学学习方式，了解科学研究的方法，更有利于学生选择适合自己的专业研究方向，选择一条更有利于自我发展的成才之路。

金陵中学高二新一届学员旁听了学长们的答辩。

