

基于 Android 的 ECG 监测与记录应用实现

本科生毕业论文答辩

June 3, 2016

答辩人：某某某
指导教师：某某某

光学与电子信息学院
华中科技大学





目录

基于 Android 的
ECG 监测与记录应
用实现

研究背景

研究成果

显示方法的改进
R 峰检测算法

应用实现

显示模块
蓝牙传输模块
数据库管理模块
数据分析模块

算法实现

滑动窗口最大值算法
算法的 Java 实现

测试与结论

对 R 峰检测算法的测试
应用程序的特点

研究背景

研究成果

显示方法的改进

R 峰检测算法

应用实现

显示模块

蓝牙传输模块

数据库管理模块

数据分析模块

算法实现

滑动窗口最大值算法

算法的 Java 实现

测试与结论

对 R 峰检测算法的测试

应用程序的特点



研究背景

基于 Android 的
ECG 监测与记录应
用实现

研究背景

研究成果

显示方法的改进
R 峰检测算法

应用实现

显示模块
蓝牙传输模块
数据库管理模块
数据分析模块

算法实现

滑动窗口最大值算法
算法的 Java 实现

测试与结论

对 R 峰检测算法的测试
应用程序的特点

► Android 平台覆盖面广、接口丰富、易于开发



研究背景

基于 Android 的
ECG 监测与记录应
用实现

研究背景

2

研究成果

显示方法的改进
R 峰检测算法

应用实现

显示模块
蓝牙传输模块
数据库管理模块
数据分析模块

算法实现

滑动窗口最大值算法
算法的 Java 实现

测试与结论

对 R 峰检测算法的测试
应用程序的特点

- ▶ Android 平台覆盖面广、接口丰富、易于开发
- ▶ ECG 监测设备的小型化和智能化



研究背景

基于 Android 的
ECG 监测与记录应
用实现

研究背景

研究成果

显示方法的改进
R 峰检测算法

应用实现

显示模块
蓝牙传输模块
数据库管理模块
数据分析模块

算法实现

滑动窗口最大值算法
算法的 Java 实现

测试与结论

对 R 峰检测算法的测试
应用程序的特点

- ▶ Android 平台覆盖面广、接口丰富、易于开发
- ▶ ECG 监测设备的小型化和智能化
- ▶ 相关研究对两者的结合做出了尝试



研究背景

基于 Android 的
ECG 监测与记录应
用实现

研究背景

2

研究成果

显示方法的改进
R 峰检测算法

应用实现

显示模块
蓝牙传输模块
数据库管理模块
数据分析模块

算法实现

滑动窗口最大值算法
算法的 Java 实现

测试与结论

对 R 峰检测算法的测试
应用程序的特点

- ▶ Android 平台覆盖面广、接口丰富、易于开发
- ▶ ECG 监测设备的小型化和智能化
- ▶ 相关研究对两者的结合做出了尝试
- ▶ 相关研究显示不够友好、无法提供精确的数值

基于 Android 的
ECG 监测与记录应
用实现

研究背景

研究成果

显示方法的改进
R 峰检测算法

应用实现

显示模块
蓝牙传输模块
数据库管理模块
数据分析模块

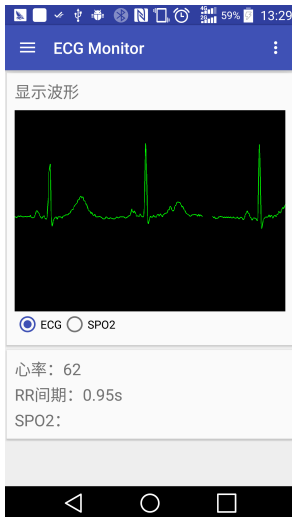
算法实现

滑动窗口最大值算法
算法的 Java 实现

测试与结论

对 R 峰检测算法的测试
应用程序的特点

3



显示方法的改进

显示方式适应设备的放置方式：横屏代表了详细的数据，竖屏代表了详细的操作

竖向屏幕包含了波形的简要显示



研究成果

适应波形可交互的显示方法

基于 Android 的
ECG 监测与记录应
用实现

研究背景

研究成果

显示方法的改进

R 峰检测算法

应用实现

显示模块

蓝牙传输模块

数据库管理模块

数据分析模块

算法实现

滑动窗口最大值算法

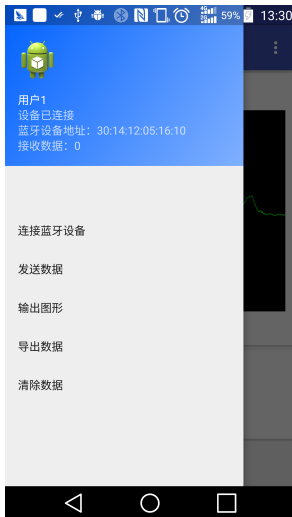
算法的 Java 实现

测试与结论

对 R 峰检测算法的测试

应用程序的特点

3



显示方法的改进

显示方式适应设备的放置方式：横屏代表了详细的数据，竖屏代表了详细的操作

菜单栏提供了更多选项和操作

基于 Android 的 ECG 监测与记录应用实现

研究背景

研究成果

显示方法的改进
R 峰检测算法

应用实现

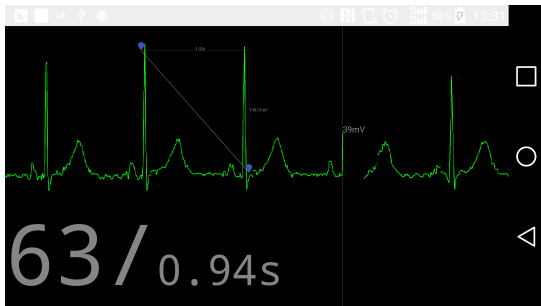
显示模块
蓝牙传输模块
数据库管理模块
数据分析模块

算法实现

滑动窗口最大值算法
算法的 Java 实现

测试与结论

对 R 峰检测算法的测试
应用程序的特点



显示方法的改进

横向屏幕提供了波形的细节和测量波形的交互方式



研究成果

高效准确的 R 峰检测算法

基于 Android 的
ECG 监测与记录应用实现

研究背景

研究成果

显示方法的改进
R 峰检测算法

应用实现

显示模块
蓝牙传输模块
数据库管理模块
数据分析模块

算法实现

滑动窗口最大值算法
算法的 Java 实现

测试与结论

对 R 峰检测算法的测试
应用程序的特点

5

滑动窗口最大值的 R 峰检测

- ▶ 通过滑动窗口取最大值，检测 R 峰的出现。
- ▶ 算法复杂度小
- ▶ $Se=99.7\%$, $Ac=99.7\%$

基于 Android 的
ECG 监测与记录应
用实现

研究背景

研究成果

显示方法的改进
R 峰检测算法

应用实现

显示模块
蓝牙传输模块
数据库管理模块
数据分析模块

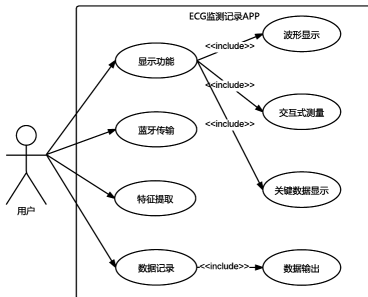
算法实现

滑动窗口最大值算法
算法的 Java 实现

测试与结论

对 R 峰检测算法的测试
应用程序的特点

6



根据分析应用由以下
组成：

- ▶ 显示模块
- ▶ 蓝牙传输模块
- ▶ 数据库管理模块
- ▶ 数据分析模块



应用实现

显示模块的设计与实现

基于 Android 的 ECG 监测与记录应用实现

研究背景

研究成果

显示方法的改进
R 峰检测算法

应用实现

显示模块
蓝牙传输模块
数据库管理模块
数据分析模块

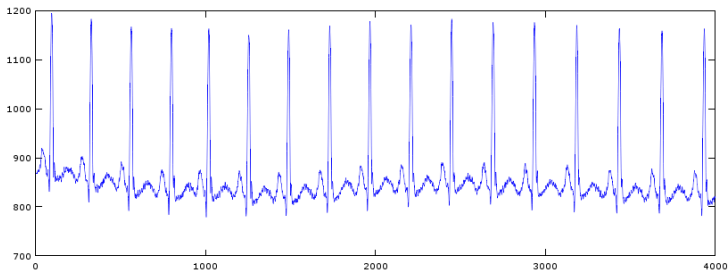
算法实现

滑动窗口最大值算法
算法的 Java 实现

测试与结论

对 R 峰检测算法的测试
应用程序的特点

7





应用实现

显示模块的设计与实现

基于 Android 的 ECG 监测与记录应用实现

研究背景

研究成果

显示方法的改进
R 峰检测算法

应用实现

显示模块
蓝牙传输模块
数据库管理模块
数据分析模块

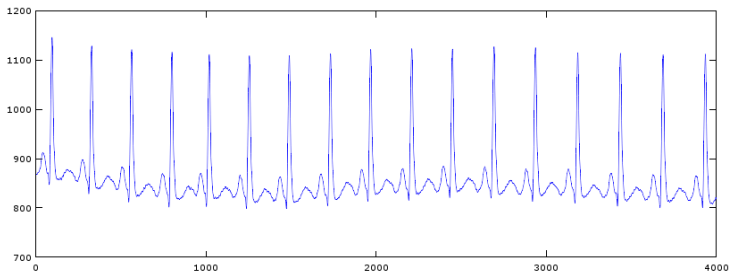
算法实现

滑动窗口最大值算法
算法的 Java 实现

测试与结论

对 R 峰检测算法的测试
应用程序的特点

7





设置计时器完成采样工作

```
1 public DrawSurfaceView() {  
2     x = 1;  
3     shouldRefresh = false;  
4     setTimer(50);  
5 }  
6 ...  
7 public void drawPoint(int drawX, int drawY) {  
8     if (shouldRefresh) {  
9         calculateXandY(x,y);  
10        shouldRefresh = false;  
11        drawThread = new DrawThread();  
12        drawThread.start();  
13    }  
14 }
```

基于 Android 的 ECG 监测与记录应用实现

研究背景

研究成果

显示方法的改进
R 峰检测算法

应用实现

显示模块
蓝牙传输模块
数据库管理模块
数据分析模块

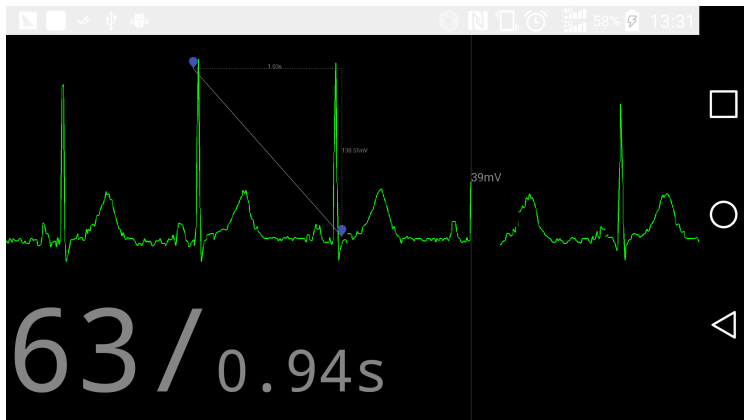
算法实现

滑动窗口最大值算法
算法的 Java 实现

测试与结论

对 R 峰检测算法的测试
应用程序的特点

9



基于 Android 的 ECG 监测与记录应用实现

研究背景

研究成果

显示方法的改进
R 峰检测算法

应用实现

显示模块
蓝牙传输模块
数据库管理模块
数据分析模块

算法实现

滑动窗口最大值算法
算法的 Java 实现

测试与结论

对 R 峰检测算法的测试
应用程序的特点

10

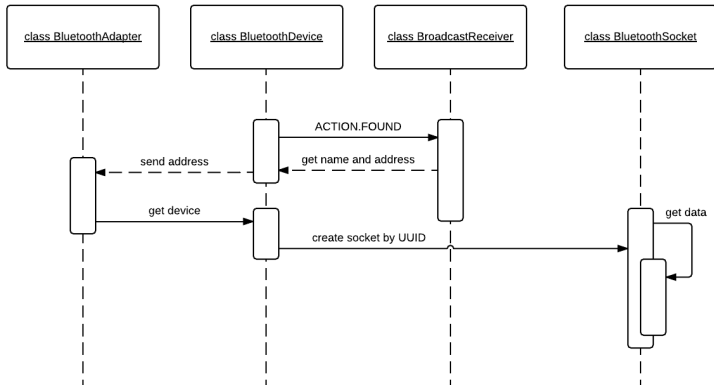


Figure: 蓝牙模块运行的 UML 时序图

19

基于 Android 的
ECG 监测与记录应
用实现

研究背景

研究成果

显示方法的改进
R 峰检测算法

应用实现

显示模块
蓝牙传输模块
数据库管理模块
数据分析模块

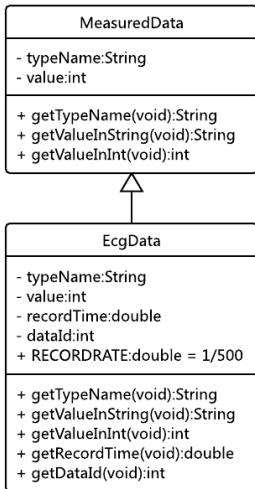
算法实现

滑动窗口最大值算法
算法的 Java 实现

测试与结论

对 R 峰检测算法的测试
应用程序的特点

11



传输数据的格式化

- 高度抽象：MeasuredData 父类作为所有收取数据的基础；
- 精准的时间戳：构造函数中计算时间，减少系统时间带来的误差；
- 时间戳的插入方法：随数据的实例化而自动插入；
- 各项属性的输出格式：提供多种格式的输出；
- 安全设计：数据属性外部无法访问；



将多次数据插入操作作为一次事务提交

```
1  ecgDatabase.beginTransaction();
2  try {
3      for (int cnt = 0; cnt < 500; cnt++) {
4          insertData();
5      }
6      ecgDatabase.setTransactionSuccessful();
7  } finally {
8      ecgDatabase.endTransaction();
9      ecgDataTemp[0] = newEcgData;
10 }
```



应用实现

数据分析模块的设计与实现

基于 Android 的
ECG 监测与记录应
用实现

研究背景

研究成果

显示方法的改进
R 峰检测算法

应用实现

显示模块
蓝牙传输模块
数据库管理模块
数据分析模块

算法实现

滑动窗口最大值算法
算法的 Java 实现

测试与结论

对 R 峰检测算法的测试
应用程序的特点

13

数据分析过程

EcgDataAnalyzer 类通过滑动窗口（长度 80）分批处理数据

19



应用实现

数据分析模块的设计与实现

基于 Android 的
ECG 监测与记录应
用实现

研究背景

研究成果

显示方法的改进
R 峰检测算法

应用实现

显示模块
蓝牙传输模块
数据库管理模块
数据分析模块

算法实现

滑动窗口最大值算法
算法的 Java 实现

测试与结论

对 R 峰检测算法的测试
应用程序的特点

13

数据分析过程

EcgDataAnalyzer 类通过滑动窗口（长度 80）分批处理数据

多线程并发访问的保护

专用于缓存的数据类型 DataTemp 中的属性访问函数均被 synchronized，防止并发访问

19



算法实现

基于滑动窗口的最大值算法检测 R 峰峰值

基于 Android 的
ECG 监测与记录应
用实现

研究背景

研究成果

显示方法的改进
R 峰检测算法

应用实现

显示模块
蓝牙传输模块
数据库管理模块
数据分析模块

算法实现

滑动窗口最大值算法
算法的 Java 实现

测试与结论

对 R 峰检测算法的测试
应用程序的特点

14

算法的检测步骤

1. 预处理：平均滤波器

$$e_{avg}[j-5] = \frac{\sum_{j=6}^n e[j-5] + e[j-4] + \dots + e[j+4]}{10}$$



算法实现

基于滑动窗口的最大值算法检测 R 峰峰值

基于 Android 的
ECG 监测与记录应用实现

研究背景

研究成果

显示方法的改进
R 峰检测算法

应用实现

显示模块
蓝牙传输模块
数据库管理模块
数据分析模块

算法实现

滑动窗口最大值算法
算法的 Java 实现

测试与结论

对 R 峰检测算法的测试
应用程序的特点

14

算法的检测步骤

1. 预处理：平均滤波器
2. 取最大值，移动窗口

$$t_{\max} = \max(e_{\max}[i], e_{\max}[i - 1]);$$

$$t_{\text{avg}} = \sum_{i=0}^{79} e_{\text{avg}}[j + i] / 80$$

19



算法实现

基于滑动窗口的最大值算法检测 R 峰峰值

基于 Android 的
ECG 监测与记录应
用实现

研究背景

研究成果

显示方法的改进
R 峰检测算法

应用实现

显示模块
蓝牙传输模块
数据库管理模块
数据分析模块

算法实现

滑动窗口最大值算法
算法的 Java 实现

测试与结论

对 R 峰检测算法的测试
应用程序的特点

算法的检测步骤

1. 预处理：平均滤波器
2. 取最大值，移动窗口
3. 探测第一次 R 峰出现

14

$$\frac{t_{\max}}{t_{\text{avg}}} > 1.2$$

19



算法实现

基于滑动窗口的最大值算法检测 R 峰峰值

基于 Android 的
ECG 监测与记录应
用实现

研究背景

研究成果

显示方法的改进
R 峰检测算法

应用实现

显示模块
蓝牙传输模块
数据库管理模块
数据分析模块

算法实现

滑动窗口最大值算法
算法的 Java 实现

测试与结论

对 R 峰检测算法的测试
应用程序的特点

算法的检测步骤

1. 预处理：平均滤波器
2. 取最大值，移动窗口
3. 探测第一次 R 峰出现
4. 根据第一次 R 峰检测剩余 R 峰

14

$$\left| \frac{t_{\max} - t_{\text{avg}}}{l_{\max} - l_{\text{avg}}} - 1 \right| < 0.5$$

19

基于 Android 的 ECG 监测与记录应用实现

研究背景

研究成果

显示方法的改进
R 峰检测算法

应用实现

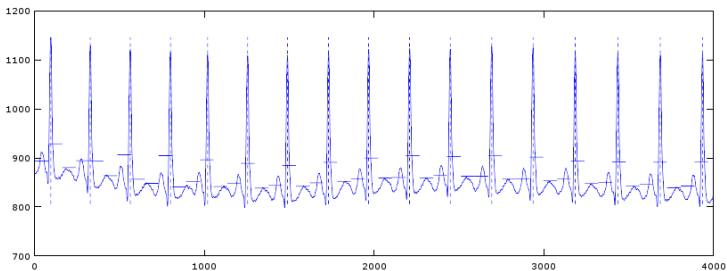
显示模块
蓝牙传输模块
数据库管理模块
数据分析模块

算法实现

滑动窗口最大值算法
算法的 Java 实现

测试与结论

对 R 峰检测算法的测试
应用程序的特点



15



算法实现

滑动窗口最大值算法的 Java 实现

基于 Android 的
ECG 监测与记录应
用实现

研究背景

研究成果

显示方法的改进
R 峰检测算法

应用实现

显示模块
蓝牙传输模块
数据库管理模块
数据分析模块

算法实现

滑动窗口最大值算法
算法的 Java 实现

测试与结论

对 R 峰检测算法的测试
应用程序的特点

16

求取最大值和平均数的同步运行

```
1  for (cnt = 0; cnt < 80; cnt++) {  
2      dataAvgValue += dataTemp[cnt].getData();  
3      if (rpeakLocalMax.getData() < dataTemp[cnt].  
4          getData()) {  
5          rpeakLocalMax = dataTemp[cnt];  
6      }  
7  }  
   dataAvgValue = dataAvgValue / 80;
```

19



算法实现

滑动窗口最大值算法的 Java 实现

基于 Android 的
ECG 监测与记录应
用实现

研究背景

研究成果

显示方法的改进
R 峰检测算法

应用实现

显示模块
蓝牙传输模块
数据库管理模块
数据分析模块

算法实现

滑动窗口最大值算法
算法的 Java 实现

测试与结论

对 R 峰检测算法的测试
应用程序的特点

17

数值向主线程的传递

```
1 double RRinterval = (recentRpeak.getDataId() -  
    lastRpeak.getDataId()) * EcgData.RECORDRATE;  
2 beatRate = 60 / RRinterval;  
3 lastRpeak = recentRpeak;  
4 Message uiRefreshMessage = Message.obtain();  
5 uiRefreshMessage.what = 3;  
6 uiRefreshMessage.arg1 = (int) beatRate;  
7 uiRefreshMessage.arg2 = (int) (RRinterval*100);  
8 uiRefreshHandler.sendMessage(uiRefreshMessage);
```

19



测试与结论

对 R 峰检测算法进行敏感度、准确度测试

基于 Android 的
ECG 监测与记录应
用实现

研究背景

研究成果

显示方法的改进
R 峰检测算法

应用实现

显示模块
蓝牙传输模块
数据库管理模块
数据分析模块

算法实现

滑动窗口最大值算法
算法的 Java 实现

测试与结论

对 R 峰检测算法的测试
应用程序的特点

Table: R 峰检测算法的测试结果

数据	100	101	103	105	106	114	115	116	118	122	总计
TP	74	71	70	82	66	54	63	79	71	87	717
FN	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2
Se(%)	100	100	100	98.8	100	100	100	100	98.6	100	99.7
Ac(%)	100	100	100	98.8	100	100	100	100	98.6	100	99.7

18



测试与结论

ECG 监测与记录应用的特点

基于 Android 的 ECG 监测与记录应用实现

研究背景

研究成果

显示方法的改进
R 峰检测算法

应用实现

显示模块
蓝牙传输模块
数据库管理模块
数据分析模块

算法实现

滑动窗口最大值算法
算法的 Java 实现

测试与结论

对 R 峰检测算法的测试
应用程序的特点

- ▶ 提出了适用于 Android 平台的 ECG 波形显示方法，能够更有效地显示波形；
- ▶ 提出了能够与用户交互的波形测量方法，方便波形测量；
- ▶ 提出了一种新的、适用于嵌入式平台的 R 峰检测算法，并且能够稳定、准确地检测 R 峰；
- ▶ 实现了基于 SQLite 的 ECG 信号数据库，方便管理。

19

19

谢谢！

