



上海交通大学  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY



# 指尖检测及卡尔曼滤波

王科宇

02/03/2016



TFT-LCD 关键材料及技术国家工程实验室

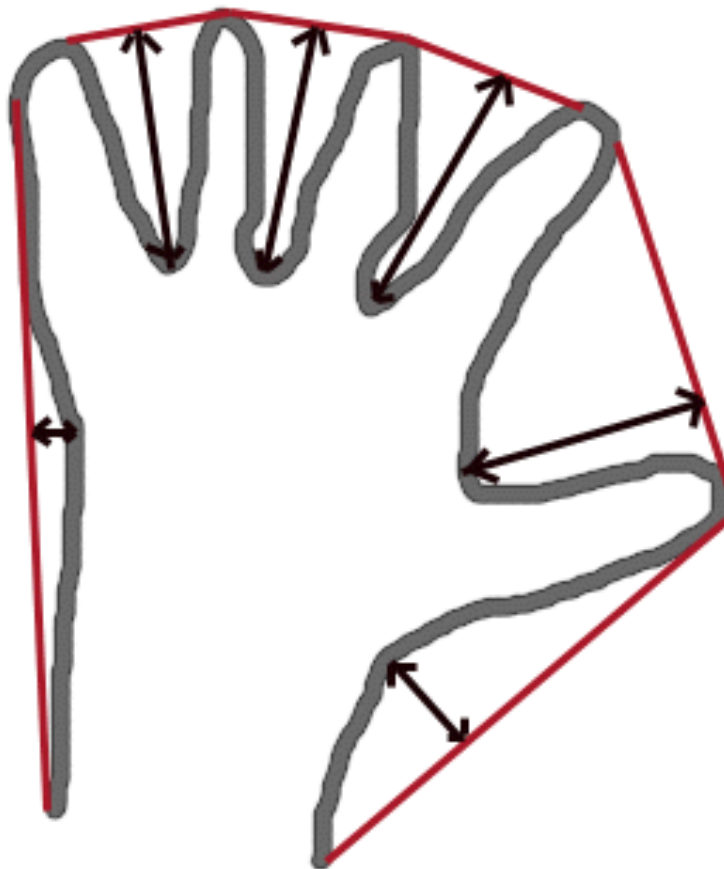
National Engineering Lab for TFT-LCD Materials and Technologies

光电材料与器件中心

Center for Opto-electronic Materials and Devices

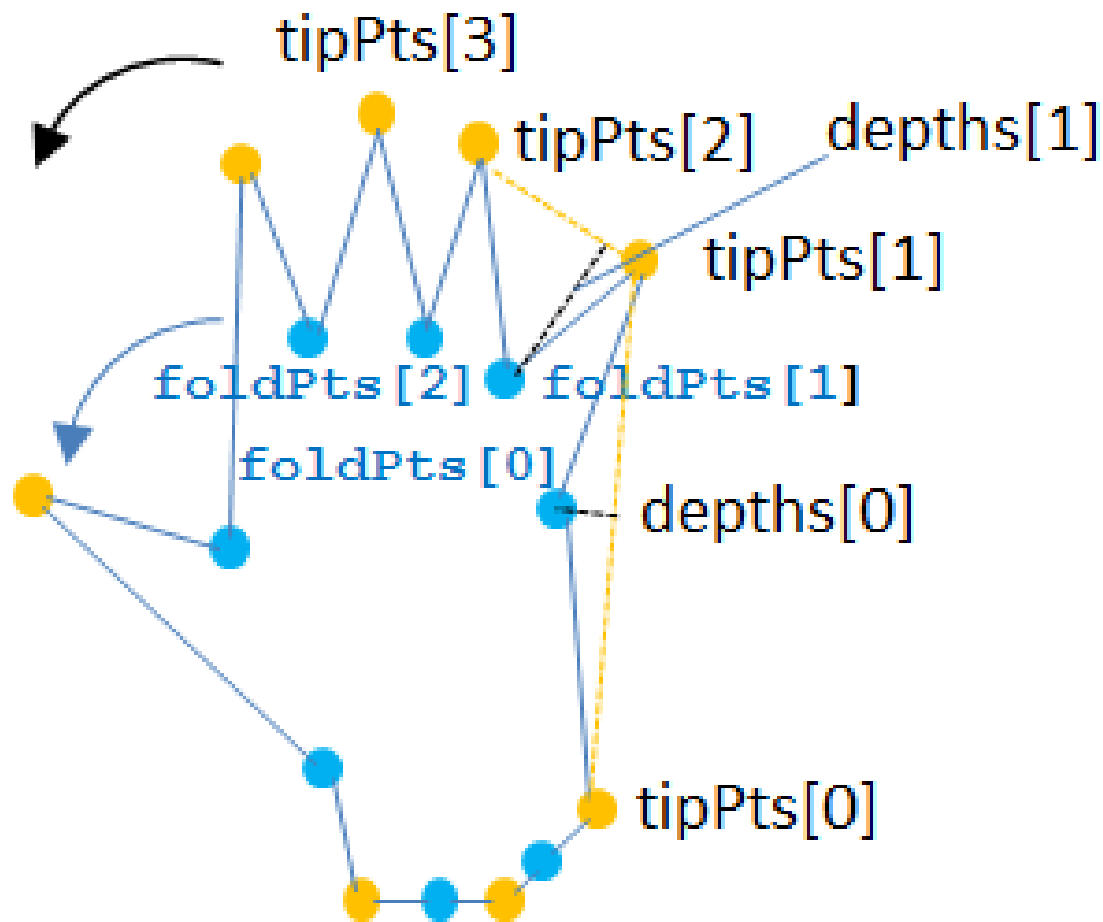


## ConvexHull and ConvexityDefects



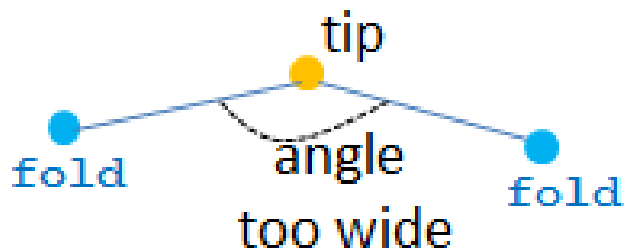
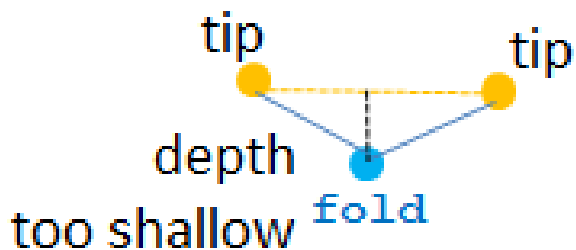


# 凸包和凸缺陷





## 去掉不合要求的指尖候选点





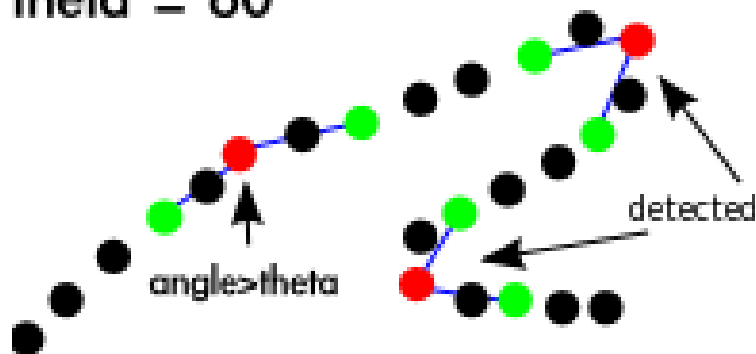
## 无法检测单一手指



- 经过观察，指尖轮廓的曲率比较大，可以通过曲率实现指尖识别

$k = 2$

$\theta = 60$

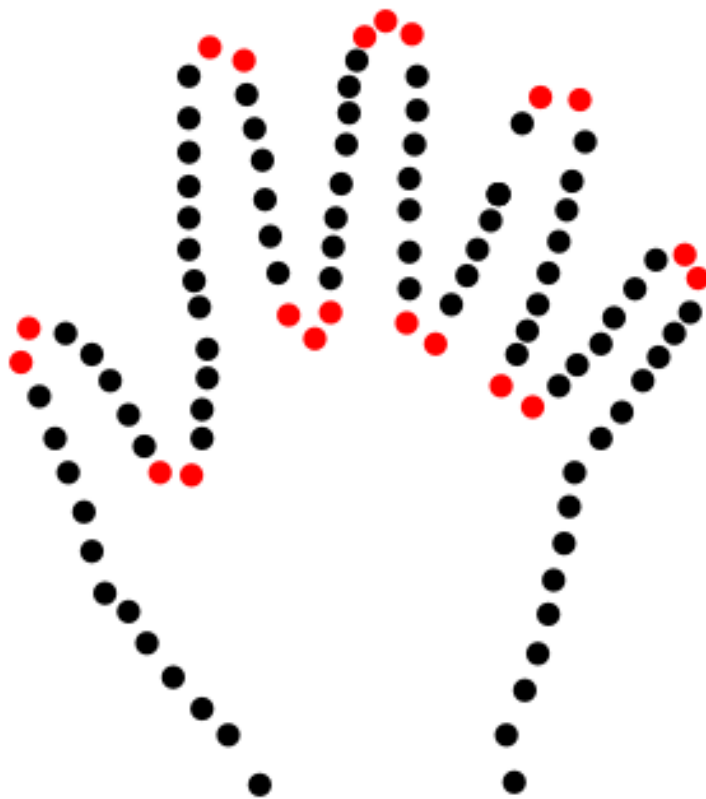


red = point in question

green =  $k$  away



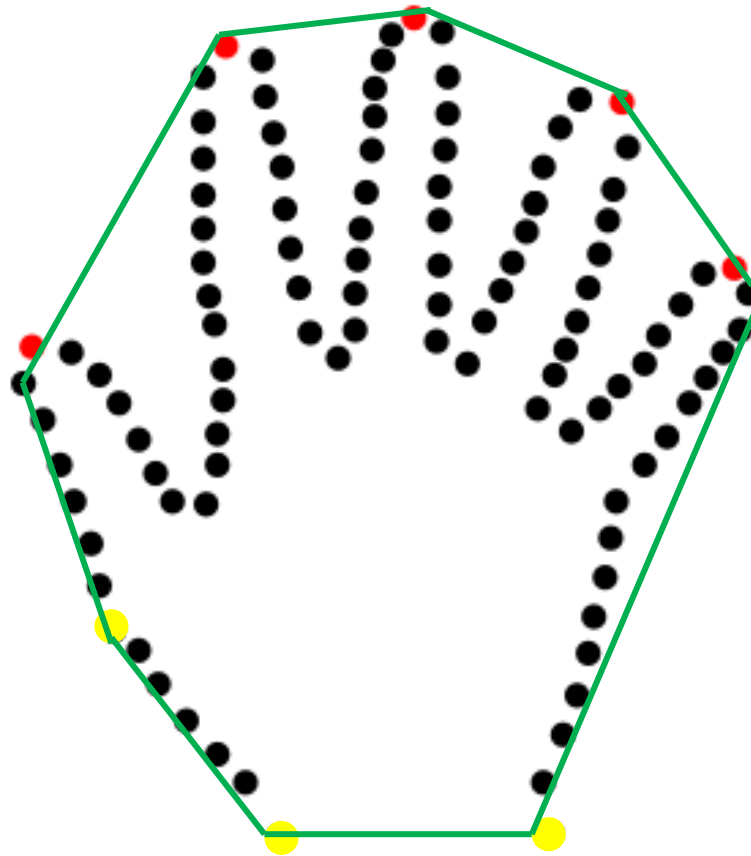
## ● 满足曲率要求的点





- ① 1.将凸包检测算法和K-curvature算法结合，首先使用凸包检测算法求出手部轮廓外接凸多边形。
- ② 2.将凸多边形的顶点作为指尖候选点，检测候选点的曲率，将曲率过大的点排除，剩下的点就是指尖的大体位置。
- ③ 3.进行后续处理。







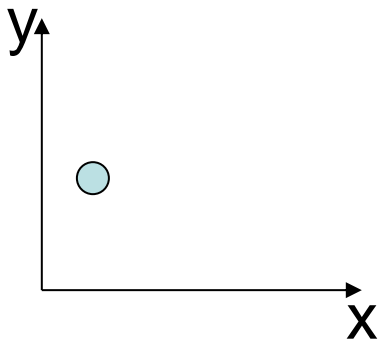


- ① 由于检测到的指尖位置往往含有噪声，具体坐标很不稳定，而且存在误检漏检等问题，因此需要对指尖坐标位置进行滤波
- ② 卡尔曼滤波（Kalman filtering）一种利用线性系统状态方程，通过系统输入输出观测数据，对系统状态进行最优估计的算法。由于观测数据中包括系统中的噪声和干扰的影响，所以最优估计也可看作是滤波过程。

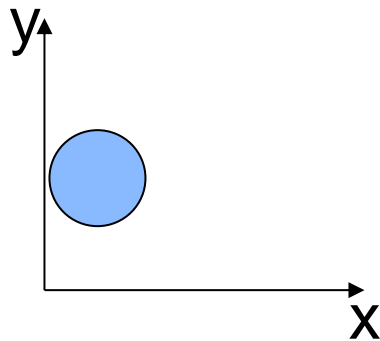


- 根据前一时刻位置预测该时刻位置，结合该时刻测量位置，给出加权平均后最后的位置

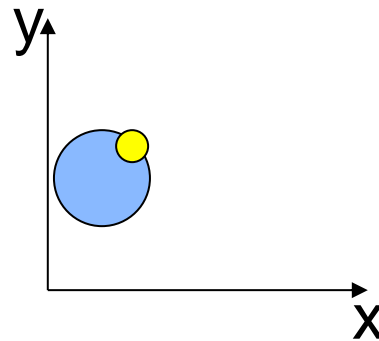
initial position



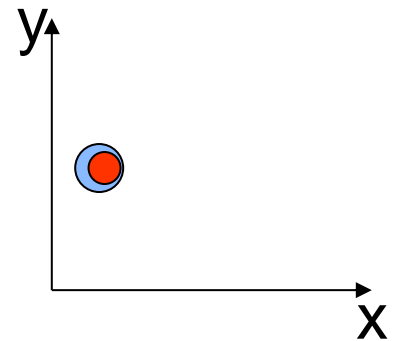
prediction



measurement

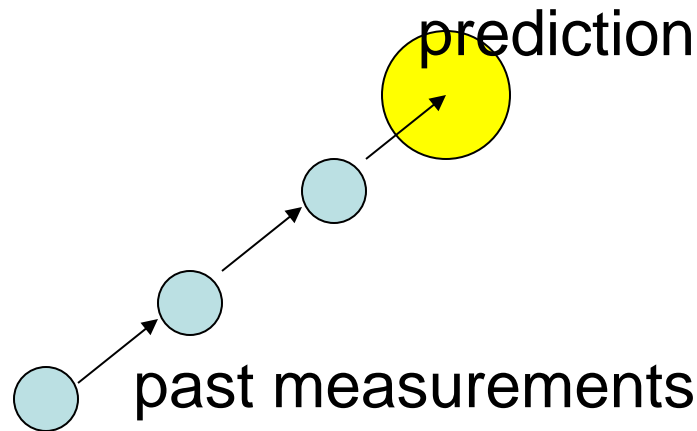


update





- 根据前一时刻位置预测该时刻位置，结合该时刻测量位置，给出加权平均后最后的位置





## 卡尔曼滤波器 (Kalman Filter)

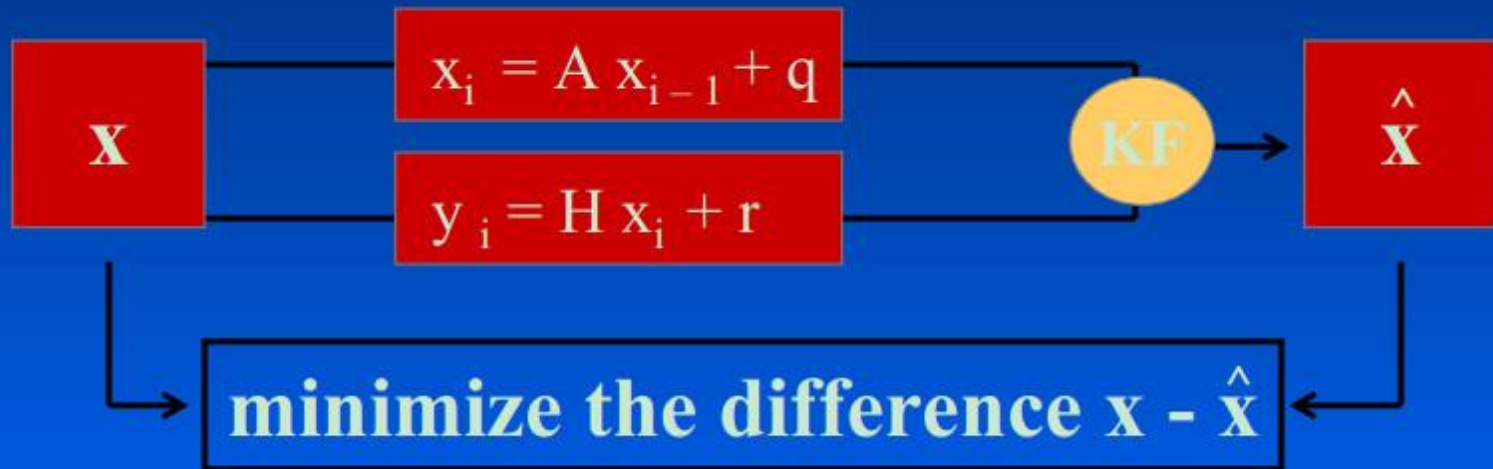
基本假设:

- 后验概率分布  $p(x_{k-1} | y_{1:k-1})$  为高斯分布
- 动态系统是线性的

$$x_k = Ax_{k-1} + Bu_{k-1} + q_{k-1}$$

$$y_k = Hx_k + r_k$$

- 系统噪声和测量噪声都是高斯分布的，协方差矩阵分别为  $Q_{k-1}$  和  $R_k$ 。



- Prediction:  $\hat{\mathbf{x}}_i^- = \mathbf{A} \hat{\mathbf{x}}_{i-1} + \mathbf{q}$
- Correction:  $\hat{\mathbf{x}}_i = \hat{\mathbf{x}}_i^- + \mathbf{K} (\mathbf{y}_i - \mathbf{H} \hat{\mathbf{x}}_i^-)$

Kalman gain matrix





## 卡尔曼滤波器—时间更新和状态更新

- 时间更新

$$\hat{x}_k^- = A\hat{x}_{k-1} + Bu_{k-1}$$

$$P_k^- = AP_{k-1}A^T + Q$$

- 状态更新

$$K_k = P_k^- H^T (HP_k^- H^T + R)^{-1}$$

$$\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k (y_k - H\hat{x}_k^-)$$

$$P_k = (I - K_k H)P_k^-$$





- 根据公式由前一时刻数值和测量数值推算出这一时刻的预测数值，该预测数值从概率上来说误差最小
- 公式里面的参数每次都迭代更新



- 实现卡尔曼滤波算法
- 在智能眼镜上实现指尖识别的功能



# Thanks for your attention

