

# Tracking juggling balls using the Kinect

Rolf Boomgaarden · Thiemo Gries · Florian Letsch

Universität Hamburg

30. Mai 2013

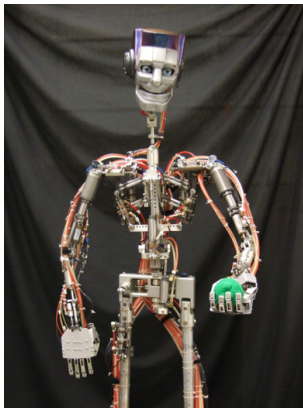
# A juggling robot

**Playing Catch and Juggling with a Humanoid Robot** Jens Kober<sup>1</sup>,  
Matthew Glisson, and Michael Mistry<sup>2</sup>

Disney Research, Pittsburgh, USA

<sup>1</sup> Bielefeld University, Germany

<sup>2</sup> University of Birmingham, UK



1 A Juggling Robot

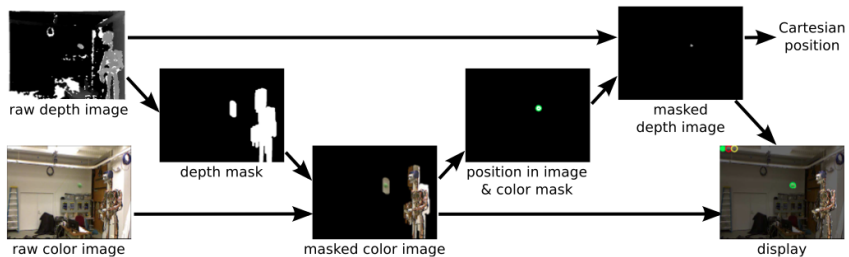
2 Hough Transform

3 Kalman Filter

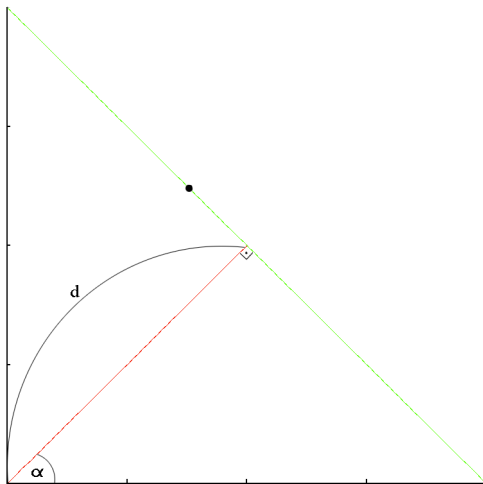
4 Our plan

- 1 Robot hardware
- 2 Vision system
- 3 Ball Filtering and Prediction
- 4 Robot State Machine
- 5 Catching Algorithm
- 6 Throwing Approach
- 7 Juggling

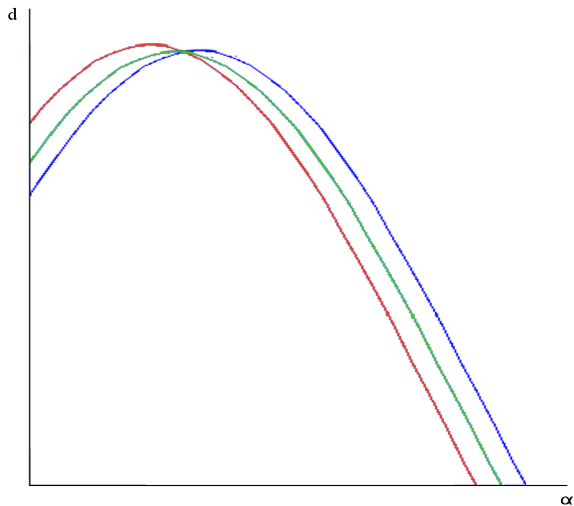
# Image processing pipeline



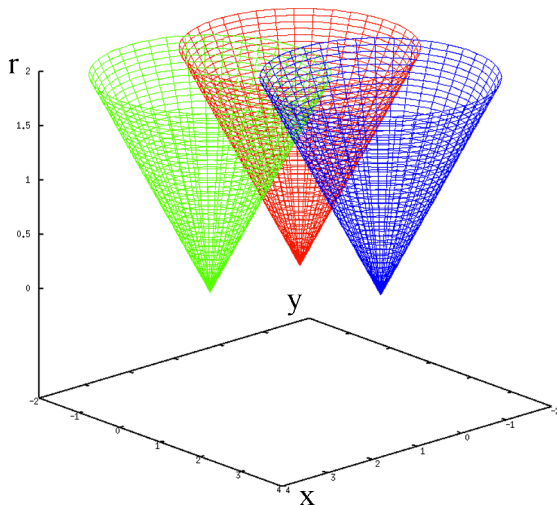
# Hough Transform



# Hough Transform



# Hough Transform





- nutzt verschiedene Daten, um den aktuellen Zustand zu schätzen:
  - Daten aus Wissen über die Zustandsänderung
  - Sensordaten
- kann mit diesen auch zukünftige Zustände schätzen

# Kalman Filter

## Anwendungsfall

$t-1$

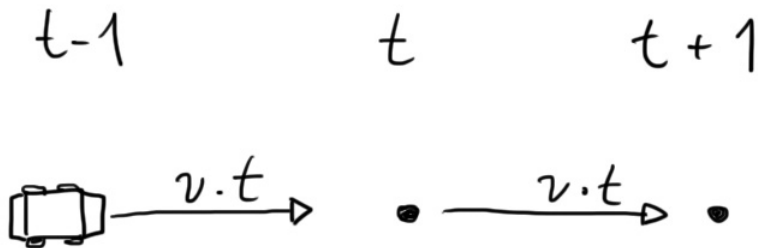
$t$

$t+1$



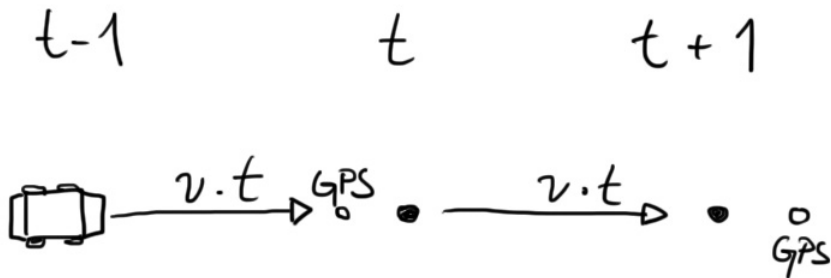
# Kalman Filter

## Anwendungsfall



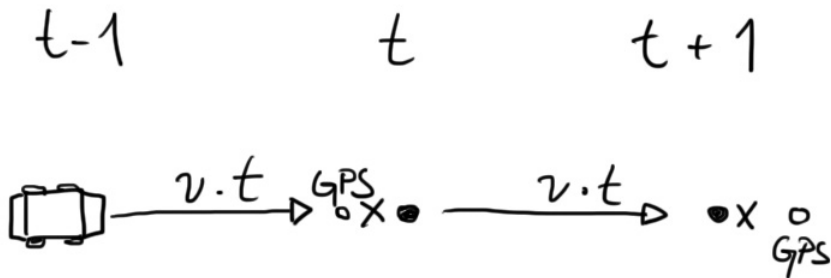
# Kalman Filter

## Anwendungsfall



# Kalman Filter

## Anwendungsfall



### ■ predict

- mit Wissen über die Art der Bewegung wird eine voraussichtliche Position berechnet:

$$\bar{x}_t = A_t x_{t-1} + B_t u_t + \varepsilon_t$$

- zusätzlich werden die Sensordaten (hier GPS) geschätzt:

$$\bar{z}_t = H_t \bar{x}_t + \varepsilon_t$$

### ■ update

- geschätzte Positionen werden mit Sensordaten korrigiert:

$$x_{estimate} = \bar{x}_t + K(z_t - \bar{z}_t)$$

### ■ predict

- mit Wissen über die Art der Bewegung wird eine voraussichtliche Position berechnet:

$$\bar{x}_t = A_t x_{t-1} + B_t u_t + \varepsilon_t$$

- zusätzlich werden die Sensordaten (hier GPS) geschätzt:

$$\bar{z}_t = H_t \bar{x}_t + \varepsilon_t$$

### ■ update

- geschätzte Positionen werden mit Sensordaten korrigiert:

$$x_{estimate} = \bar{x}_t + K(z_t - \bar{z}_t)$$

### ■ predict

- mit Wissen über die Art der Bewegung wird eine voraussichtliche Position berechnet:

$$\bar{x}_t = A_t x_{t-1} + B_t u_t + \varepsilon_t$$

- zusätzlich werden die Sensordaten (hier GPS) geschätzt:

$$\bar{z}_t = H_t \bar{x}_t + \varepsilon_t$$

### ■ update

- geschätzte Positionen werden mit Sensordaten korrigiert:

$$x_{estimate} = \bar{x}_t + K(z_t - \bar{z}_t)$$



- Wissen über Art der Bewegung → Wurfparabel
- Sensordaten → Kinect

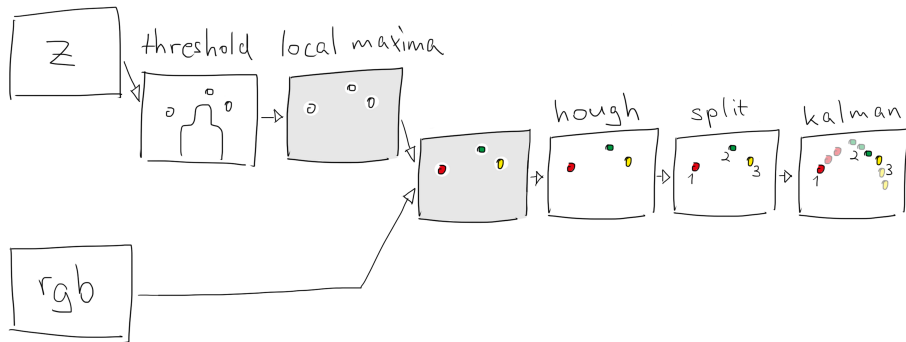
# Conclusion

- 75% success in feasible catching region
- 47% overall catching
- Video

# Conclusion

- 75% success in feasible catching region
- 47% overall catching
- Video

# The flow



# Challenges

- Local maxima
- Multiple balls (colour?)

# The end

EOF