LMU LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN

LFE Medieninformatik • Anton Zeitler

Survey and Review of Input Libraries, Frameworks, and Toolkits for Interactive Surfaces and Recommendations for the Squidy Interaction Library

Abschlussvortrag Diplomarbeit • 12.01.2010

Bearbeitungszeitraum:
15.04.2009 bis 14.10.2009
Betreuer:
Dipl.-Medieninf. Raphael Wimmer
Verantwortlicher Hochschullehrer:
Prof. Dr. Heinrich Hußmann

Übersicht

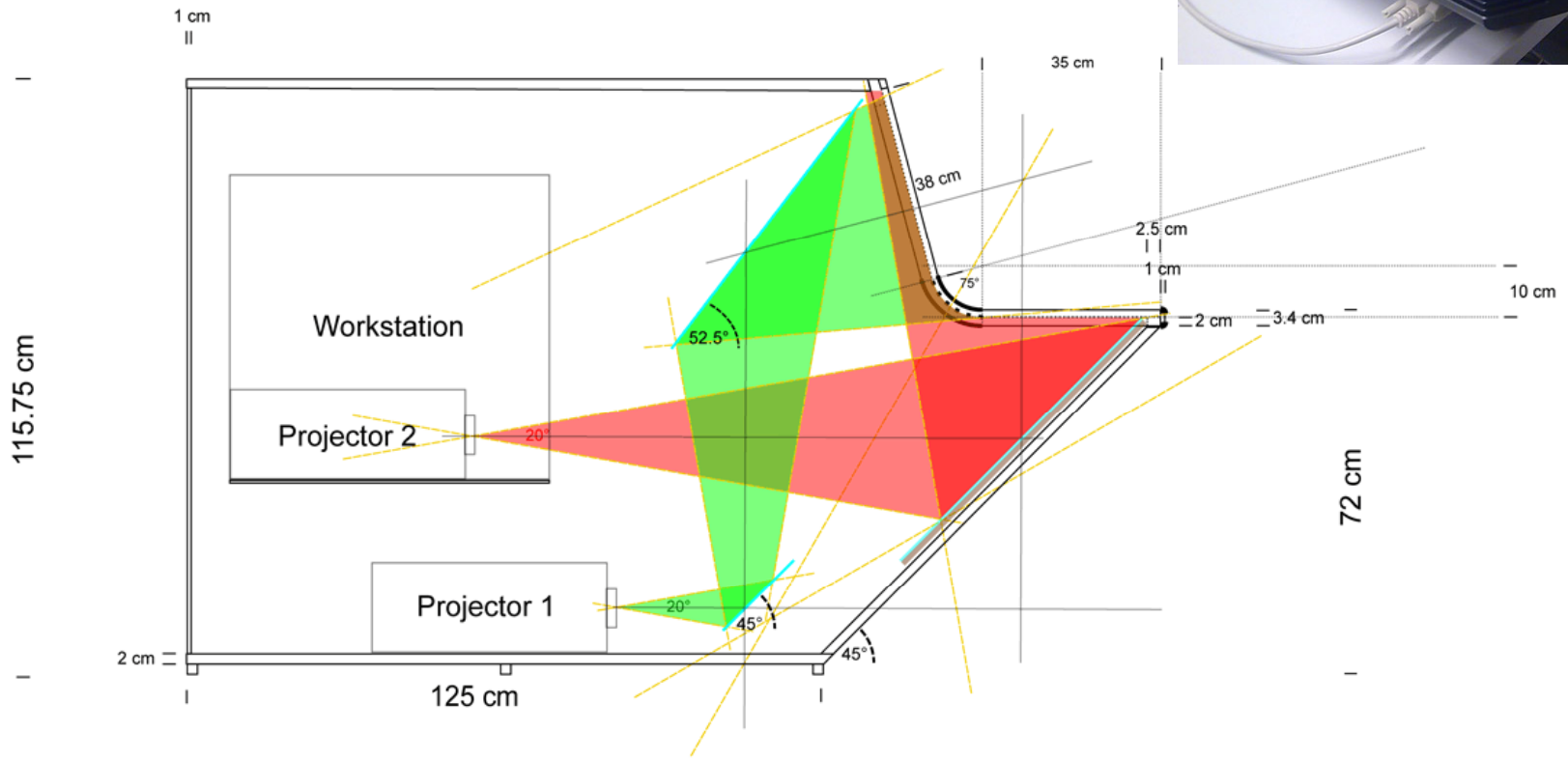
- Motivation
- Zielsetzung
- Übersicht über meine Arbeit
- Anforderungen
- Eingabe-Bibliotheken, Frameworks und Toolkits
- Squidy Interaction Library
- Weiterentwicklung von Squidy

Motivation
Curve

- Interaktiver Tisch mit horizontaler und vertikaler Arbeitsfläche
- Verbindung der Arbeitsflächen durch eine nahtlose Biegung

Motivation
Curve - Hardware

- Multi-Touch-Oberfläche
- multi-modale Interaktion
- mehrere Videokameras
- mehrere HD-Videobeamer



Zielsetzung meiner Arbeit

- **Zielsetzung**
  Entwicklung eines neuen Frameworks für Eingabedaten von Curve unter Verwendung bestehender Komponenten

- **Ergebnis**
  - Recherche und Vergleich bestehender Systemen
  - sehr große Vielfalt an Systemen
  - Auswahl und Erweiterung eines Systems
  - Thema der Arbeit dadurch leicht geändert

- **Schwerpunkt**
  Softwarearchitektur und Softwareentwicklung

Übersicht über meine Arbeit (1)

- Definition der Anforderungen an ein Eingabe-Framework
- Recherche nach bestehenden Systemen
- Untersuchung bestehender Systeme
  - kurze praktische Tests
  - Funktionsumfang
  - Qualität der Implementierung
  - Lizenzmodell
  - Multi-Touch-Unterstützung
  - etc.
- Kurzbeschreibung und tabellarische Übersicht über die wichtigsten 28 Systeme

Eingabe-Bibliotheken, Frameworks und Toolkits Definition

- **Bibliothek**
  Sammlung von Funktionen

- **Framework**
  Architektur und Programmablauf

- **Toolkit**
  Framework und zusätzliche Hilfsmittel, Testumgebungen, etc.

Eingabe-Bibliotheken, Frameworks und Toolkits Aufstellung

Augmented and Virtual Reality
- ACTIF
- Bespoke 3DUI
- DIVERSE
- DWARF
- EVI3d
- FLUID
- MORGAN (DEVAL)
- Studierstube (OpenTracker)
- Tinmith-evo5
- Unit
- VENSA
- ViSTA (DataLaViSTA)
- VPRN
- VR Juggler (Gadgeteer)

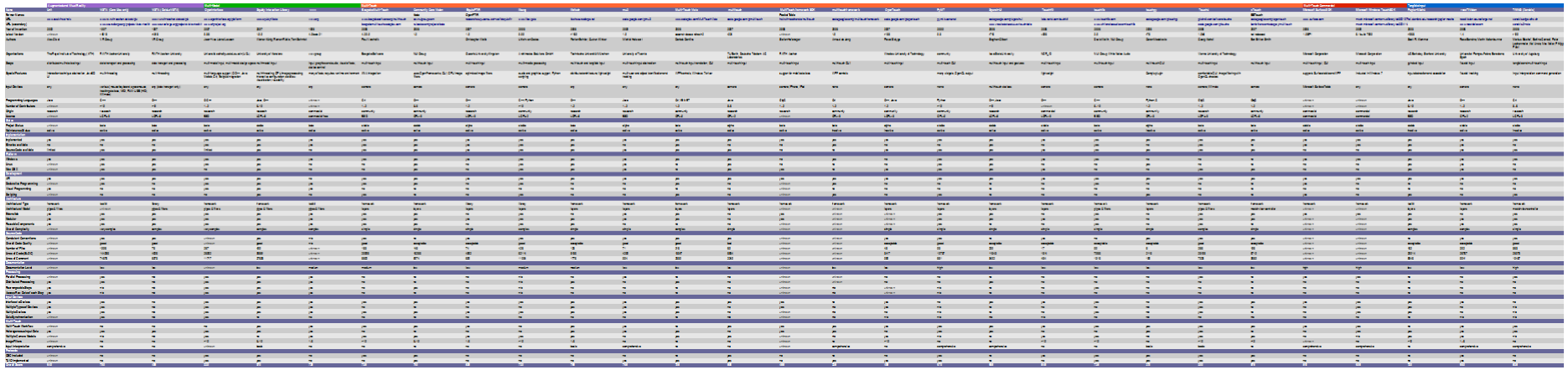
Tangible Interaction
- Papier-Mâché
- **reacTIVision**
- TWING

Multi-Touch Interaction
- Bespoke Multi-Touch
- **Community Core Vision**
- EquisFTIR
- libavg
- **libtisch**
- mu3
- Multi-Touch Vista
- Multitouch
- MultiTouchframework SDK
- multitouchframework
- OpenTouch
- pyMT
- Sparsh UI
- TouchKit
- **Touchlib**
- touchpy
- Touché
- xTouch

Multi-Touch Interaction (Commercial)
- Microsoft Surface SDK
- Microsoft Windows Touch SDK

Multi-Modal Interaction
- Concerto
- EMF
- FAME
- Flippo
- GestureTek
- GlovePIE
- HephaisTK
- ICARE
- ICON
- iMap
- IntuiKit
- iStuff
- iStuff Mobile
- MAX/MSP
- Mengine
- OpenInterface
- Pure Data
- QuickSet
- Santos
- Service Counter System
- **Squidy Interaction Library**
- STARS
- trackd
- vvvv
- W3C Multimodal Interaction Framework

Eingabe-Bibliotheken, Frameworks und Toolkits Tabellarische Übersicht (1)



Eingabe-Bibliotheken, Frameworks und Toolkits Tabellarische Übersicht (2)

	Multi-Modal			Multi-Touch		
Name	**OpenInterface**	**Squidy Interaction Library**	**vvvv**	**Bespoke Multi-Touch**	**Community Core Vision**	**Equis**
Former Names					**tbeta**	Open
URL	www.openinterface.org/platform	www.squidy-lib.de	vvvv.org	www.bespokesoftware.org/multi-touch	ccv.nuigroup.com	rese
URL (secondary)	www.oi-project.org			bespokemultitouch.codeplex.com	nuicode.com/projects/tbeta	
Year of Invention	2007	2007	1998	2008	2008	200
Latest Version	0.3.6	1.0.0	4.0 beta 21	4.2.0.0	1.2	1.0
Authors	Jean-Yves Lionel Lawson	Werner König, Roman Rädle, Toni Schmidt		Paul Varcholik		Ch
Organisations	Université catholique de Louvain (UCL)	University of Konstanz	vvvv group	Bespoke Software	NUI Group	
Scope	mutli-modal input, multi-modal design space	multi-modal input	input, graphics and audio, visual effects, device control	multi-touch input	multi-touch input	
Special Features	multi-language support (C/C++, Java, Matlab, C#), Eclipse integration	multi-threading, GPU image processing, interactive configuration, dataflow visualization, reusability	many effects, requires runtime environment	XNA integration	uses OpenFrameworks, GUI, GPU i filters	
Input Devices	any	any	any	camera	camera	
Programming Languages	C/C++	Java, C++	unknown	C#	C++	
Number of Contributors	1..2	6..10	unknown	1..2	3..5	
Origin	research	research	commercial	community	community	
License	BSD	LGPLv3	commercial/free	BSD	GPLv3	
Status						
Project Status	beta	stable	beta	stable	stable	
Maintenance Status	active	active	active	active	active	
Implementation						
Implemented	yes	yes	yes	yes	yes	
Binaries available	yes	yes	yes	yes	yes	
Source Code available	limited	yes	no	yes	yes	
Platform						
Windows	yes	yes	yes	yes	yes	
Linux	yes	yes	no	no	yes	

Eingabe-Bibliotheken, Frameworks und Toolkits Statistik

- 62 Systeme, davon 28 ausgewählt
- 22 Open Source
- mit 476583 LoC
- größtes 144255 LoC, kleinstes 1614 LoC
- 9 mit guter Sourcecodequalität
- 4 gut dokumentiert, davon 2 kommerziell
- ältestes 1997, neuestes 2009
- 12 für 2 oder mehr Plattformen
- 2 Bibliotheken, 23 Frameworks, 3 Toolkits

Anforderungen an ein Eingabe-Framework mit Schwerpunkt Multi-Touch/Multi-Modal

- modular, flexible, and easily extensible software design
- elaborate software architecture based on proven design patterns
- carefully written source code which follows clear conventions
- documentation of architecture, modules and application programming API
- output of input data in a unified data format through a unified and stable software interface
- abstraction and interpretation of input data including mapping to application semantics
- support of multiple input devices and users
- support of multiple types of input devices and input data
- support of multiple underlying hardware and software platforms
- configuration and control of input devices by the user's application
- possibility to customize and configure all data processing steps
- low latency of multi-touch input processing (less than 30 ms)
- support for multiple rapid prototyping methods to allow quick execution of research tasks with little effort
- interface for scripting languages as a particular method of rapid prototyping and simplified development
- interface for logging output for diagnosis of problems and recording input activities
- access to raw and output data of every processing step on demand to quickly hook up custom processing or diagnosis steps
- distributed processing of input data to support collaboration of multiple persons working with multiple potentially distributed platforms, and also to allow research on complex distributed system setups
- synchronization of multiple input devices and input data to ensure meaningful and accurate correlations between all devices and their data
- synchronization interface which allows to synchronize an application with input devices for synchronization with output devices and user interaction
- parallel processing of data processing steps as a technical instrument to fully utilize contemporary (2009) hardware platforms and also to keep latency low
- support for simultaneous input of images from multiple video cameras
- distortion correction and seamless stitching of images in real-time
- geometric surface calibration of curved surfaces
- precise camera calibration including distortion correction of fish-eye lenses
- OSC including TUIO, which are popular protocols in the field of multi-touch research
- position and event protocols of libtisch which is a project of researchers cooperating with the Curve team
- multi-touch surfaces based on FTIR, DI, and capacitive sensing
- DiamondTouch, Second Light, Thin Sight and comparable multi-touch systems
- mobile displays which interact with the multi-touch surface using overlay techniques
- fiducial and other types of markers
- surface of objects, e.g. printed text documents or photographs
- shapes and shadows of objects including gestures
- keyboard, mouse, and similar input devices
- mobile phone or notebook via suitable interfaces such as WLAN or Bluetooth
- various types of sensors or tags communicating by NFC, RFID, or similar techniques
- planar and spatial coordinates as well as motion and acceleration data of objects
- supplementary data of multi-touch events such as covered area and pressure
- camera and surface calibration data, especially for multi-touch surfaces
- images from video and photo cameras
- ID or URL of users, devices, and gestures
- abstracted interaction commands

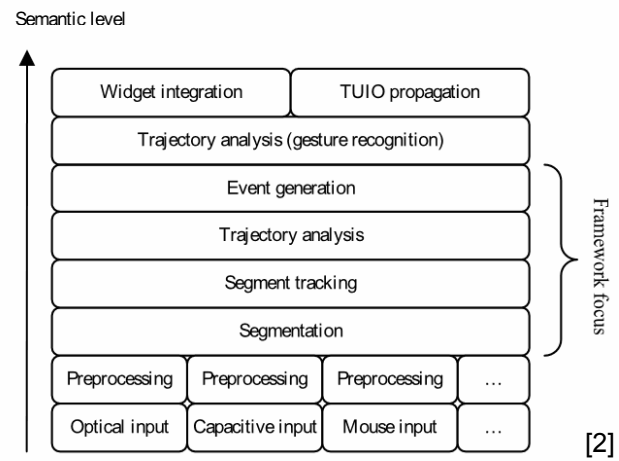
Anforderungen an ein Eingabe-Framework speziell für Curve

- Unterstützung von simultaner Eingabe von Videobildern mehrerer Videokameras
- Verzeichnungskorrektur (Entzerrung) von Bildern in Echtzeit
- nahtloses Zusammenfügen von Bildern in Echtzeit (Stitching)
- geometrische Kalibrierung gekrümmter Oberflächen
- Kamerakalibrierung

[1]

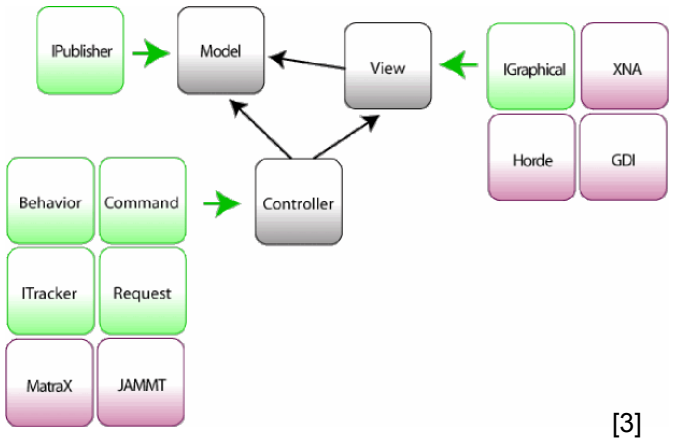
Funktionalität einiger Eingabe-Frameworks (1)

- **mu3 (2009)**
  University of Twente, Michiel Hakvoort
  Interpretation von Multi-Touch-Rohdaten (Events, Tracking)



[2]

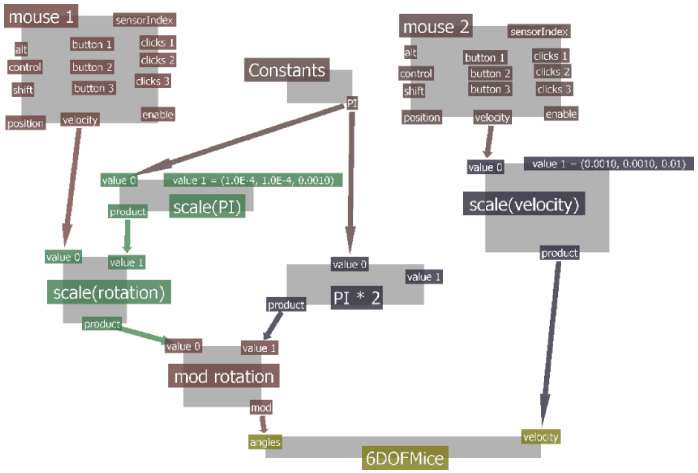
- **TWING (2008)**
  Universität Augsburg, Philipp Pötzl
  Umsetzung von Multi-Touch und Tangible-Eingabedaten in konkrete Befehle, Gestenerkennung



[3]

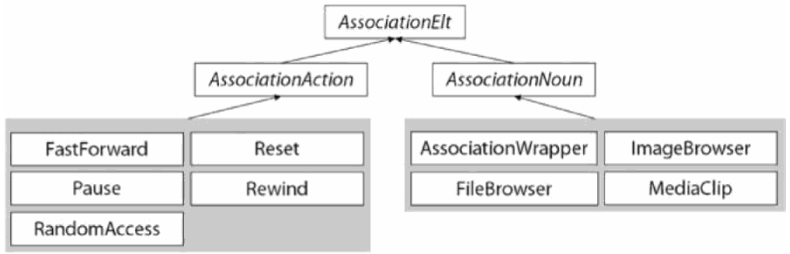
Funktionalität einiger Eingabe-Frameworks (2)

- **Unit (2002)**
  KTH Sweden, Alex Olwal
  Abstraktion aller Arten von Eingabedaten durch eine *Interpretationsschicht* aus mehreren Knoten



[4]

- **Papier-Mâché (2003)**
  Stanford University, Scott R. Klemmer
  komplexe, mehrstufige Abstraktion von Eingabedaten von physischen Objekten zu *Association Nouns* (Selektoren) und *Association Actions*



[5]

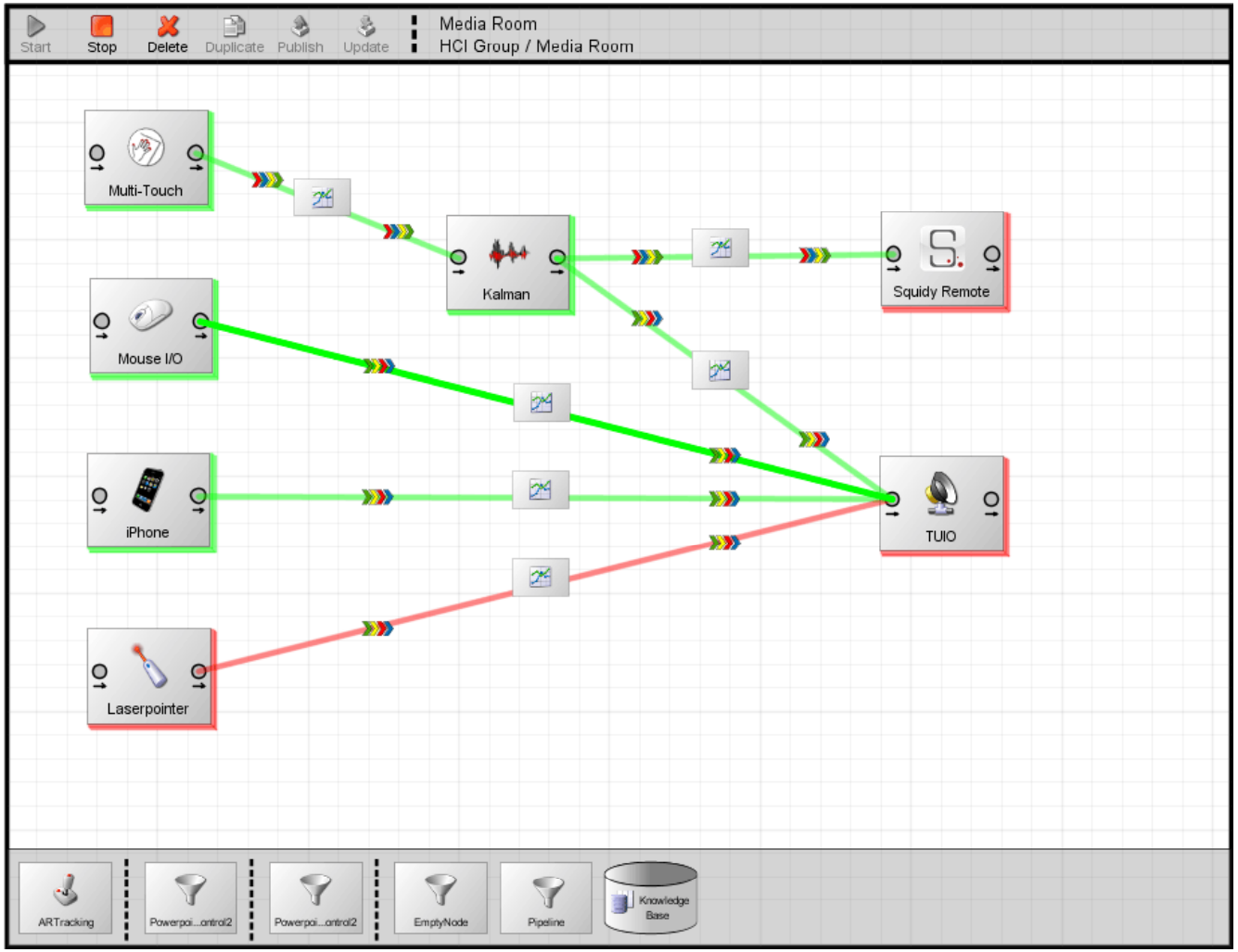
Übersicht über meine Arbeit (2)

- Auswahl der Squidy Interaction Library
  - Projekt der HCI Group Universität Konstanz
  - Einarbeitung in Squidy
  - technische Beschreibung der Architektur
  - Vergleich mit DirectShow
- Vorschläge für die Weiterentwicklung von Squidy
  - 11 detailliert beschriebene Vorschläge
    Nodetypen, Synchronisierung, Allocator, Parallelverarbeitung, Multi-Touch-Eingabe und Kalibrierung, Image Stitching, Management Interface, Monitoring, zirkuläre Pipelines, dynamische Verbindungen
  - 9 kurz beschriebene Vorschläge
    u.a. für höhere Geschwindigkeit, geringere Latenzzeit, Architekturverbesserung, Anbindung an libtisch
- Implementierung eines Vorschlags (Monitoring)

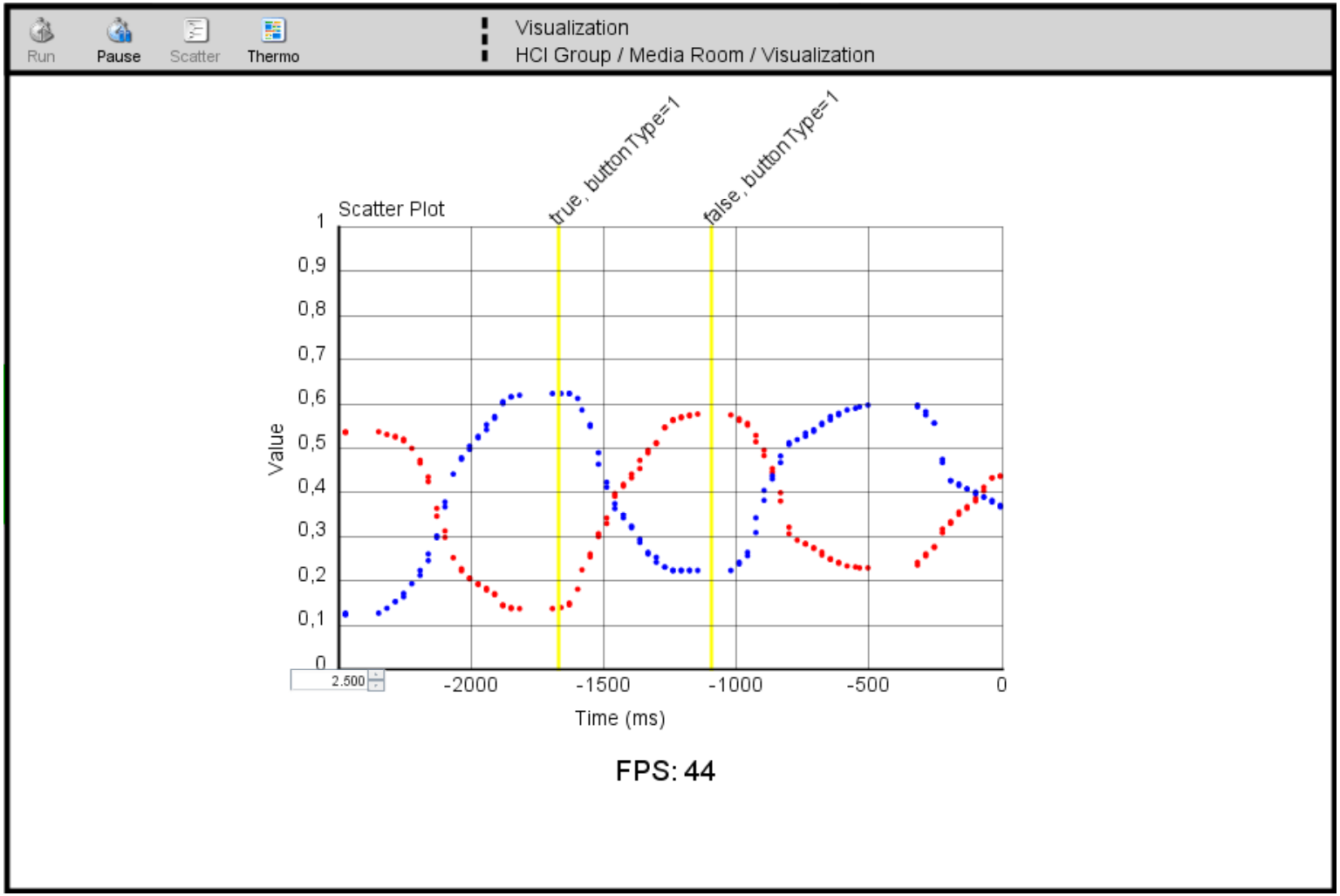
Squidy Interaction Library
Übersicht

- Framework für multi-modale Interaktion
- visuelle Programmierung
- iteratives Design
- Rapid Prototyping
- plattformunabhängig
- Bibliothek fertiger Module für Eingabegeräte und Datenverarbeitung

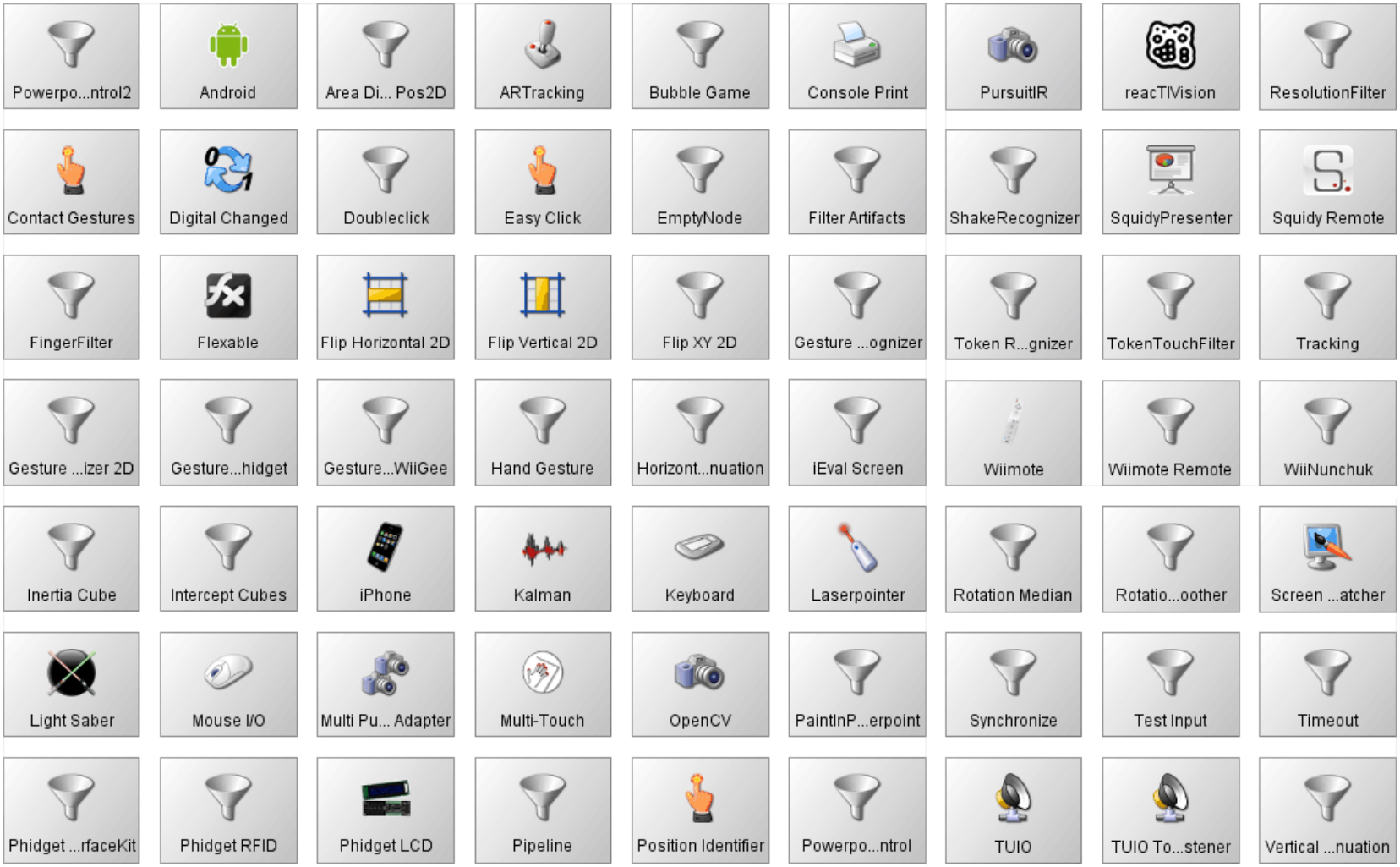
Squidy Interaction Library Designer



Squidy Interaction Library
Live-Feedback in Designer

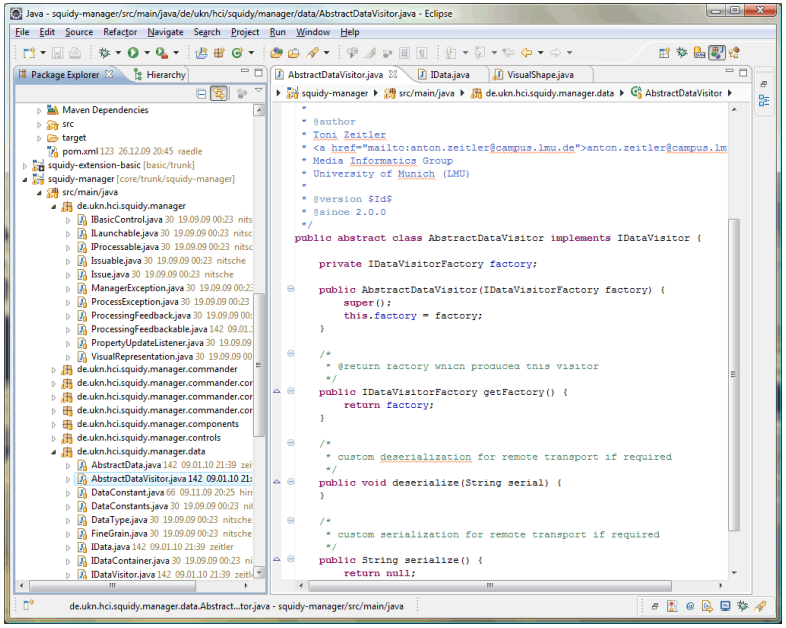


Squidy Interaction Library
Knowledge Base (Bibliothek)

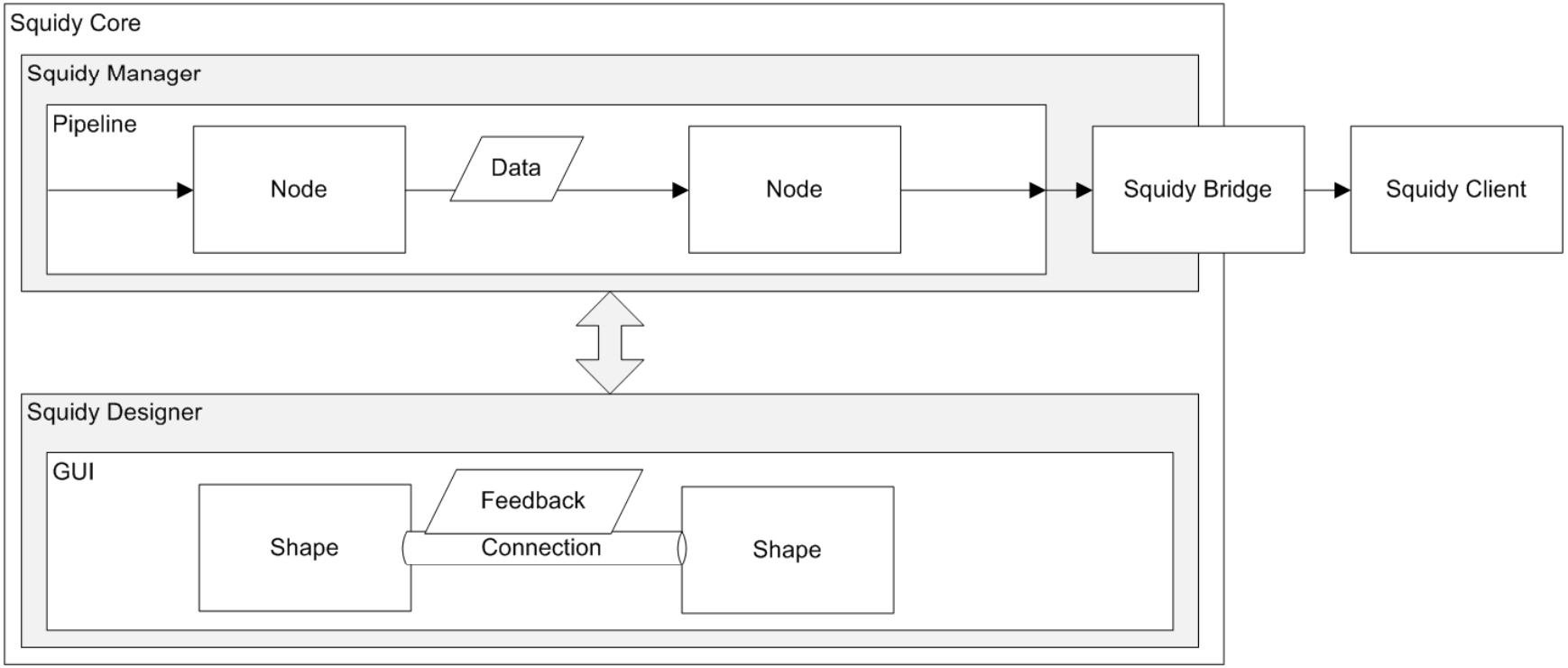


Squidy Interaction Library
Technische Aspekte (1)

- Module: Core, Bridges, Clients
- Core: Manager, Designer
- Bridges: Datenaustausch
- Clients: externe Implementierungen
- Architektur: Pipes and Filters
- sehr modularer Aufbau (Nodes)
- parallele Datenverarbeitung (multi-threaded)
- implementiert in Java

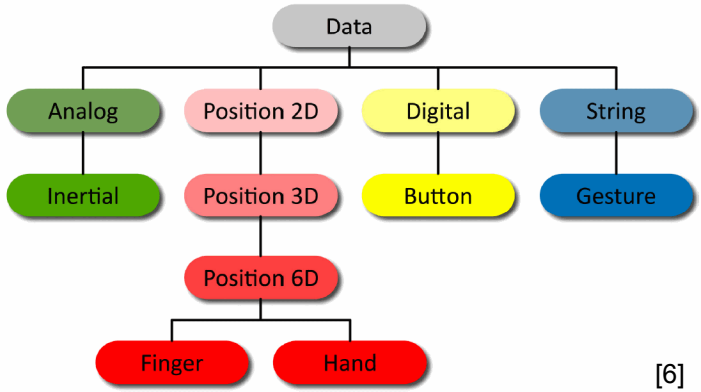


Squidy Interaction Library
Architektur



Squidy Interaction Library
Technische Aspekte (2)

- kurze technische Einführung
  - Nodes, Pipes
  - Datenmodell
  - dynamische Übersetzung
  - Squidy Remote
  - Data Recorder



[6]

- Vergleich mit DirectShow
  - Module, Verbindungsaufbau, Filtertypen, Datentransport
- Parallele Datenverarbeitung

Weiterentwicklung von Squidy
Vorschläge

- Knotentypen
- Allocator (Object Pool)
- Datensynchronisierung
- Multi-Touch-Eingabe
- Multi-Touch-Kalibrierung
- Image Stitching
- Management-Schnittstelle
- Scripting

Weiterentwicklung von Squidy Multi-Touch (1)

- Aktuell
  - schnelles Tracking auf Grafikkarten von *NVIDIA*
  - Unterstützung von Kameras von *IDS Imaging*
  - Bildverarbeitung innerhalb des Multi-Touch-Knotens
  - Erkennung von Fingern und Hand und rudimentäre Interpretation
  - läuft nur unter Windows

[7]

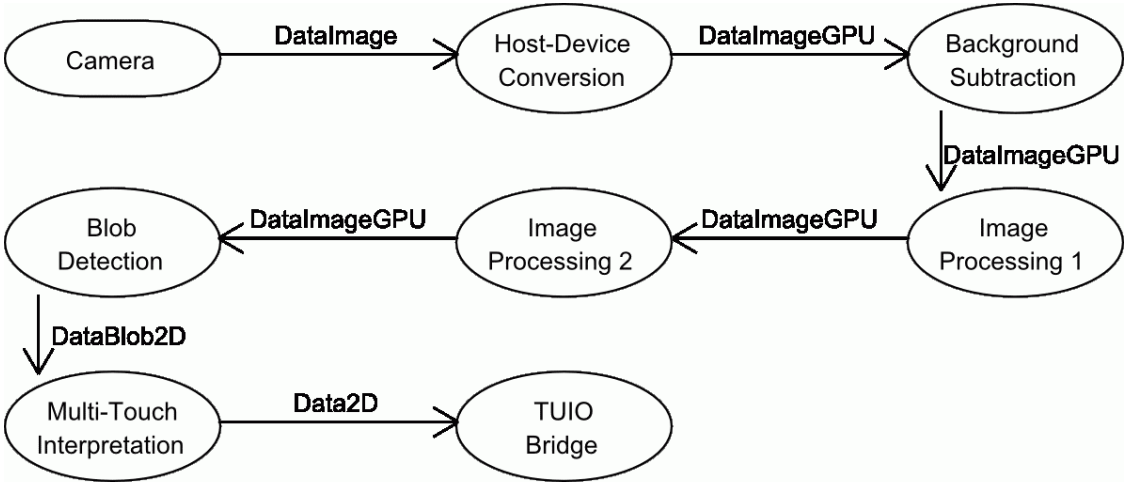
Weiterentwicklung von Squidy Multi-Touch (2)

- Vorschlag
  - Einführung von Datentyp für Bilder
  - Einführung von Datentypen für Blobs und Touches
  - Aufteilung in mehrere Knoten für Bildverarbeitung, Tracking und Interpretation
  - plattformunabhängige Implementierung von Bildverarbeitung
  - herstellerunabhängige Unterstützung von Kameras

[8]

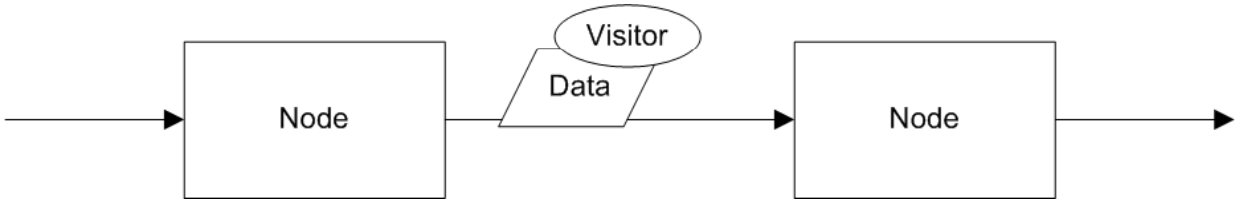
Weiterentwicklung von Squidy Multi-Touch (3)

- Vorteile
  - flexible, plattformunabhängige und herstellerunabhängige Bildverarbeitung
  - Bilder auch aus anderer Quelle als Videokameras
  - Multi-Touch-Daten auch aus anderen Quellen als Bildern
  - Multi-Touch-Interpretation kann getrennt (und austauschbar) erfolgen
  - unterschiedliche Multi-Touch-Pipelines können wiederverwendet werden
  - neue Knoten können auch für andere Zwecke verwendet werden



Implementierung eines Vorschlags Monitoring (Data Visitors)

- Data Visitors können an Datenobjekte angehängt werden
- voller Zugriff auf Datenobjekte
- nutzbar für Monitoring, Logging, Zusatzinformation, etc.



Weitere Schritte

- Weiterentwicklung von Squidy im Rahmen des Curve-Projekts
- Im Rahmen der allgemeinen Entwicklung (Open Source, LGPL) könnten auch sinnvolle Ideen anderer Eingabe-Frameworks übernommen werden

Fragen?

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Bildquellen

[1] Ian Muttoo, flickr, Creative Commons-Lizenz, 2007.
http://www.flickr.com/photos/imuttoo/425783124/

[2] Michiel Hakvoort. A Unifying Input Framework for Multi-Touch Tables. In 10th Twente Student Conference on IT. 2009.

[3] Andreas Angerer, Markus Bischof, Bettina Conradi, Peter Lachenmaier, Kai Linde, Max Meier, Philipp Pötzl, Elisabeth André.
TWING Framework: An architecture targeting the challenges of multitouch and tangible input on a table surface.

[4] Alex Olwal, Steven Feiner. Unit: Modular Development of Distributed Interaction Techniques for highly Interactive User Interfaces.
In GRAPHITE '04: Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques in Australasia and South East Asia. 2004.

[5] Scott R. Klemmer, James A. Landay. Toolkit Support for Integrating Physical and Digital Interactions. In: Human-Computer Interaction 3, July 2009, [pp. 315-366].

[6] Werner A. König, Roman Rädle, Harald Reiterer. Interactive Design of Multimodal User Interfaces - Reducing technical and visual complexity. In: Journal on Multimodal User Interfaces (JMUI), 2009

[7] XFX GeForce® 280 GTX 1024MB DDR3.
http://www.xfxforce.com/de/products/graphiccards/200series/280GTX.aspx

[8] Point Grey Flea®2.
http://www.ptgrey.com/products/flea2/

Alle weiteren Bilder sind entweder dem Projekt Curve [http://curve-project.org/] oder dem Projekt Squidy [http://squidy-lib.de/] entnommen bzw. wurde im Rahmen dieser Arbeit selbst erstellt.