

DotTrack: absolute und relative Ortsbestimmung von Tangibles mittels eines Maussensors

Dennis Schüsselbauer, Andreas Schmid, Raphael Wimmer, Laurin Muth¹

Universität Regensburg, Nachwuchsgruppe “Physical-Digital Affordances”¹

dennis.schuesselbauer@stud.uni-regensburg.de,
andreas1.schmid@stud.uni-regensburg.de, raphael.wimmer@ur.de,
laurin.muth@stud.uni-regensburg.de

Zusammenfassung

Tangible User Interfaces (TUIs) integrieren oft physische Objekte, deren Positionierung oder Positionsveränderung durch den Nutzer zur Interaktion verwendet wird. DotTrack ist ein Tracking-Verfahren, das absolute Ortsbestimmung und Tracking der Position von Tangibles ohne externe Infrastruktur erlaubt. Der Prototyp verwendet dazu einen kommerziellen Maussensor, der nicht nur die Translation misst, sondern auch ein Kamerabild des Untergrunds liefert. Ein eindeutiges Punktmuster auf dem Untergrund erlaubt es, die absolute Position des Prototypen zu bestimmen. Im momentanen Entwicklungsstand sind rudimentäre absolute Ortsbestimmung, Positionstracking und mehrere Anwendungsbeispiele für das System implementiert.

1 Einführung und Motivation

Tangible User Interfaces (TUIs) sind Benutzerschnittstellen, bei denen Benutzer mit digitalen Daten interagieren können, indem sie physische Objekte (*Tangibles*) manipulieren oder indem physische Objekte durch Computer aktuiert werden. Eine zentrale Eigenschaft vieler TUIs ist, dass die Position oder Orientierung eines physischen Objekts getrackt wird. Durch Platzierung, Verschiebung oder Rotation des Objekts können so bestimmte Aktionen ausgelöst werden oder Werte verändert werden. Dies erlaubt es den Benutzern zum Beispiel, Lautstärke oder Tonhöhe zu ändern (Jordà u. a. 2007), *Magic Lenses* zu positionieren (Ullmer und Ishii 1997), oder neue Strukturen zu schaffen, indem sie mehrere Objekte kombinieren (Winkler, Scharf, und Herczeg 2013).



Abbildung 1: *DotTrack* erlaubt es, die Position eines Tangibles auf einer Oberfläche ohne externe Tracking-Infrastruktur zu tracken. Der Prototyp basiert auf einem *M5Stack*-Entwicklerboard und einem *PMW3360DM*-Sensor

Zum Tracking der Objekte werden üblicherweise elektromagnetische oder optische Trackingverfahren oder interaktive Tische mit kapazitiven oder optischen Touchscreens verwendet. Alle diese Verfahren erfordern eine externe Tracking-Infrastruktur, die oft teuer und schlecht transportabel ist. Diese Abhängigkeit von zusätzlicher Hardware erschwert den mobilen Einsatz zum Beispiel in Kindergärten, Schulen oder im Alltag.

Alternativ dazu können manche Tangibles auch ihre Position relativ zu anderen Tangibles erkennen, beispielsweise durch Infrarot-Transceiver (Krohn u. a. 2005) oder durch Magnetfeldsensoren (Merrill, Kalanithi, und Maes 2007).

Mit *DotTrack* entwickeln wir momentan ein System für Tangibles, das absolute Ortsbestimmung und schnelles Tracking von Bewegungen eines Tangibles auf einer horizontalen Oberfläche bietet. *DotTrack* kommt dabei ohne externe Tracking-Infrastruktur aus. Der Prototyp (Abbildung 1) nutzt dazu einen Maussensor, der von einem *M5Stack*-Entwicklungsboard ausgelesen wird.

2 Implementierung

Unser Prototyp basiert auf einem *M5Stack*-Block¹, der einen ESP32-Mikrocontroller, ein Display und weitere Peripherie in einem Gehäuse (5 x 5 x 2 cm) vereint. Der Mikrocontroller kann über die Arduino-IDE programmiert werden. Indem wir auf einer offenen und kommerziell vertriebenen Plattform aufbauen, hoffen wir, dass unsere Erweiterungen auch von anderen genutzt werden können. Ein Maussensor (Pixart PMW3360DM) ist über SPI mit dem Mikrocontroller verbunden (Abbildung 2).

¹<http://www.m5stack.com>

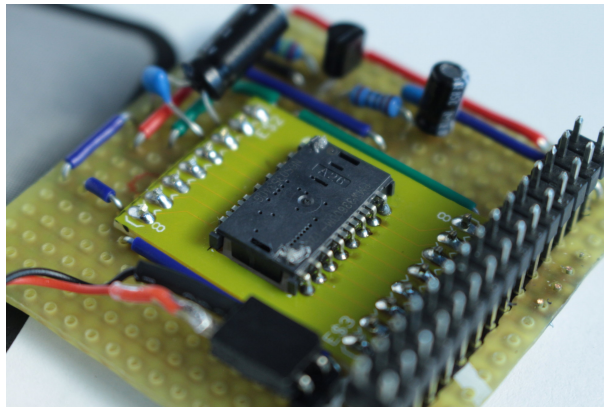


Abbildung 2: Pixart PMX3360DM mit Spannungsregler und Akku zur Stromversorgung. Die Sensor-Platine wird über einen standardisierten Steckverbinder mit dem M5Stack-Board verbunden.

Neben der XY-Translation liefert der Maussensor auch das komplette Kamerabild des Sensors, das eine Fläche von ca. 1×1 mm mit 36×36 Pixeln abbildet. Ein auf den Untergrund aufgedrucktes Punktmuster kann dadurch erkannt und zur Ortsbestimmung verwendet werden. Da der Maussensor im Infrarotbereich empfindlich ist, können diese Punktmuster mit Infrarotlicht-absorbierender Tinte gedruckt werden. Im momentanen Entwicklungsstand ist bisher nur eine rudimentäre Unterscheidung von verschiedenen Mustern über deren durchschnittliche Helligkeit implementiert.

3 Tracking von Tangibles auf horizontalen Oberflächen

Unseres Wissens ist DotTrack die erste Implementierung eines optischen Inside-Out-Trackingsystems, die Maussensoren verwendet und absolute Ortsbestimmung mit relativem Tracking kombiniert. Die verwendeten Grundprinzipien sind allerdings schon länger bekannt und wurden von uns nur kombiniert. Hostettler u. a. (2016) beschreiben ein ähnliches System, das einen optischen Sensor für die absolute Ortsbestimmung mittels Punktmustern verwendet. Jeroen Domburg hat 2006 demonstriert, dass und wie man Kamerabilder aus einem Maussensor auslesen kann². Jackson, Callahan, und Marstrander (2007) schlagen vor, Maussensoren zum präzisen Positionstracking von Fahrzeugen zu verwenden. Verschiedene digitale Stifte (Anoto, Neopen) verwenden zur Ortsbestimmung ein mikroskopisches Punktmuster, das mit Infrarotlicht-absorbierender Tinte auf Papier gedruckt ist. Eine im Stift eingebaute Kamera nimmt einen millimetergroßen Ausschnitt des Punktmusters auf. Aus diesem Ausschnitt kann über ein patentiertes Verfahren die absolute Position des Stiftes auf dem Blatt bzw. in einem mehrere Blätter umspannenden Koordinatensystem ermittelt werden. Ein ähnliches Verfahren verwenden digitale Lernstifte für Kinder wie u.a. der *TipToi* von Ravensburger. Das hierbei verwendete Punktmuster kodiert allerdings keine absolute Position, sondern nur eine eindeutige ID. Es gibt

²<http://spritesmods.com/?art=mouseeye>



Abbildung 3: Demo-Anwendungen: Selektion von Werten über Verschieben des Tangibles, Suche in einem Wimmelbild mit dem Tangible als *Magic Lens*, Live-Anzeige des Rohbilds des Maussensors

bereits verschiedene Vorschläge dafür, wie Tracking-Muster zur eindeutigen Ortsbestimmung algorithmisch generiert werden können (Bruckstein u. a. 2012; Hostettler u. a. 2016). Wir planen, auf diesen Arbeiten aufzubauen.

4 Demonstration

Besucher können das Tangible auf einen von drei verschiedenen markierten Bereichen auf einem Blatt Papier setzen um eine von drei Demos zu starten (Abbildung 3):

- a) Werte selektieren, indem man das Tangible als zweidimensionalen Slider verwendet.
- b) In einem Wimmelbild mit dem Tangible als *Magic Lens* navigieren.
- c) Im Debug-Modus die Rohdaten des Maussensors betrachten, so dass man die Robustheit und Präzision des Systems einschätzen kann.

Die Demonstration erlaubt es den Benutzern, die Präzision und Geschwindigkeit des Systems zu evaluieren und inhärente Eigenschaften von Konzept und Implementierung kennenzulernen.

5 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag haben wir Entwicklungsstand und Demonstrator unseres DotTrack-Verfahrens beschrieben. Tangibles können durch einen eingebetteten Maus-Sensor ihre absolute Position auf einem Blatt Papier erkennen, das an einzelnen Stellen mit einem charakteristischen Muster bedruckt ist. Im momentanen Entwicklungsstand basiert die Mustererkennung rein auf Unterschieden in der durchschnittlichen Helligkeit der Muster. Damit lassen sich bereits mehrere Anwendungen implementieren. Beispielhaft haben wir eine Interaktionstechnik zur Selektion von Werten sowie eine *Magic Lens* implementiert.

Wir planen als nächste Schritte, absolute, hochauflösende Ortsbestimmung über Punktmuster zu implementieren, Hardware und Software unter einer offenen Lizenz zu veröffentlichen und die parallele Interaktion mit mehreren getrackten Tangibles zu untersuchen.

Mehr Informationen über das Projekt sind auf der Projektwebseite zu finden³ Das Video zur Demo findet sich auch auf Youtube⁴.

Quellen

Bruckstein, Alfred M, Tuvi Etzion, Raja Giryes, Noam Gordon, Robert J Holt, und Doron Shuldiner. 2012. „Simple and robust binary self-location patterns“. *IEEE Transactions on Information Theory* 58 (7). IEEE: 4884–9.

Hostettler, Lukas, Ayberk Özgür, Séverin Lemaignan, Pierre Dillenbourg, und Francesco Mondada. 2016. „Real-time high-accuracy 2D localization with structured patterns“. In *Robotics and Automation (ICRA), 2016 IEEE International Conference on*, 4536–43. IEEE.

Jackson, Joshua D, Dale W Callahan, und Jon Marstrander. 2007. „A rationale for the use of optical mice chips for economic and accurate vehicle tracking“. In *Automation Science and Engineering, 2007. CASE 2007. IEEE International Conference on*, 939–44. IEEE.

Jordà, Sergi, Günter Geiger, Marcos Alonso, und Martin Kaltenbrunner. 2007. „The reacTable: exploring the synergy between live music performance and tabletop tangible interfaces“. In *Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction*, 139–46. ACM.

Krohn, A., M. Beigl, M. Hazas, und H.-W. Gellersen. 2005. „Using Fine-Grained Infrared Positioning to Support the Surface-Based Activities of Mobile Users“. In *Distributed Computing Systems Workshops, 2005. 25th IEEE International Conference on*, 463–68. IEEE.

Merrill, David, Jeevan Kalanithi, und Pattie Maes. 2007. „Siftables: Towards Sensor Network User Interfaces“. In *Proceedings of the 1st International Conference on Tangible and Embedded Interaction*, 75–78. TEI '07. New York, NY, USA: ACM.

Ullmer, Brygg, und Hiroshi Ishii. 1997. „The metaDESK: models and prototypes for tangible user interfaces“. In *Proceedings of the 10th annual ACM symposium on User interface software and technology*, 223–32. ACM.

Winkler, Thomas, Florian Scharf, und Michael Herczeg. 2013. „Spellit Tangible Cross-Device-Interaction beim Erlernen von Lesen und Schreiben“. In *Mensch & Computer 2013 - Workshopband*, herausgegeben von Susanne Boll, Susanne Maaß, und Rainer Malaka, 179–84. München: Oldenbourg Verlag.

³<https://hci.ur.de/projects/dottrack>

⁴<https://www.youtube.com/watch?v=I58VIBc06nA>