

Mobile Mixed Reality Repair Kit

Christian Blank, Birgit Wendholt, Jonathan Wischhusen

Department Informatik, Fakultät Technik und Informatik,
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wird ein Konzept für ein mobiles interaktives *Personal-Fabrication* Tool vorgeschlagen, das die Vor-Ort-Reparatur von beschädigten Alltagsgegenständen als Mixed Reality Anwendung realisiert. Das Toolkit (*MixRepair*) ermöglicht das Einscannen von beschädigten Gegenständen und rekonstruiert die fehlenden Teile als virtuelles Ersatzteil. Das Ersatzteil kann mit den Händen und menübasiert nachbearbeitet werden. Die Manipulation mit den Händen erfolgt entweder physikbasiert oder über interpretierte Gesten, die Menüs über Mid-Air-Touch. Das Einpassen des virtuellen Ersatzteils in den realen Alltagsgegenstand wird als virtuelles Overlay mit einer optischen See-Through-Brille möglich. Final soll das nachbearbeitete virtuelle Ersatzteil als STL exportiert und auf einem 3D-Drucker produziert werden.

1 Einleitung

Die Verfügbarkeit preiswerter 3D-Drucker macht die Produktion von Alltagsgegenständen für jedermann möglich. Die größte Hürde für Laien ist dabei das Erzeugen von 3D-Modellen. In Folge sind in den letzten Jahren eine Reihe von *Personal Fabrication* (Gershenfeld 2005) Toolkits entstanden. Kritisch für die Akzeptanz dieser Toolkits ist zum einen der Grad der interaktiven Fabrikation, gekennzeichnet durch physikalische Aktionen und direkt manipulative Interfaces (Willis et al. 2011), und zum anderen der Grad der in-situ Fabrikation, gekennzeichnet durch Manipulation der virtuellen Modelle im realen Weltkontext (Lau et al. 2012).

Sind die existierenden Systeme überwiegend stationär, ermöglichen heutige Hardware und Software für Smartphones den Übergang zu *mobilen* Personal-Fabrication Systemen. In einer Untersuchung in 10 Haushalten (Shewbridge et al. 2014) wurde „Verbesserung und Reparatur“ mit 15% der Anwendungsfälle für den 3D-Druck genannt. *MixRepair* kann die Reparatur vor Ort am konkreten Gegenstand vereinfachen. Das hier vorgeschlagene Konzept soll diesen Vorgang auch für Ungeübte durch Generieren von Ersatzrohlingen, Scannen des zerbrochenen Gegenstands und intuitive Benutzerführung ermöglichen. Das Konzept erfüllt damit die Anforderungen an interaktive Fabrikation und situative Modellierung.

Veröffentlicht durch die Gesellschaft für Informatik e.V. 2016 in
S. Franken, U. Schroeder, T. Kuhlen (Hrsg.):
Mensch und Computer 2016 – Kurzbeiträge, 4. - 7. September 2016, Aachen.
Copyright © 2016 bei den Autoren.
<http://dx.doi.org/10.18420/muc2016-mci-0260>

2 Wissenschaftliche Einordnung

MixRepair ist unter verschiedenen Aspekten mit bestehenden Arbeiten vergleichbar. *RetroFab* (Ramakers et al. 2016) sei hier als Vertreter für *Augmented-Fabrication* genannt. Mit *RetroFab* können Laien virtuelle Gehäuse für reale Gegenstände fertigen, um diese auf individuelle Bedienung umzurüsten (Proxy-Interfaces). *RetroFab* generiert die 3D-Hülle für das Proxy-Interface mit Auslassungen und Verschlüssen aus einem 3D-Scan des realen Gegenstands. Wie *RetroFab* unterstützt *MixRepair* *Augmented-Fabrication* und darüber hinaus *in-situ* Fabrikation und direkte physikalische Manipulation. *MixFab* (Weichel et al. 2014) ist ein Vertreter für *interaktive Fabrikation mit direkter physikalischer Manipulation*. Mit *MixFab* können Laien unter dem *Holodesk*, einem stationären transparenten 3D-Display, virtuelle Objekte mit Hilfe realer Objekte bearbeiten. Dazu erzeugt ein 3D-Scan ein virtuelles Gegenstück der realen Objekte. Die Interaktion erfolgt direkt-manipulativ, mittels Gesten oder über virtuelle Menüs. *MixRepair* ähnelt *MixFab* in vielen Aspekten. Unterschiede sind die Beschränkung auf wenige Operationen, direktes Verformen, automatisches Generieren virtueller Verbindungen sowie die Mobilität der Lösung. *FabAR* (Beckmann et al. 2014) ist ein Vertreter für *mobile in-situ Fabrikation*. Mit *FabAR* können Laien 3D-Modelle durch Komposition von 3D-Vorlagen fertigen. *FabAR* projiziert dabei die virtuellen 3D-Modelle in einen realen 3D-Drucker. Die Interaktion erfolgt über Handgesten und implizites Gruppieren. In *FabAR* ist *in-situ* die Fabrikation im herstellenden Gerät analog des Vorschlags in (Müller et al. 2012), in *MixRepair* die Fabrikation am defekten Gegenstand. Durch Einscannen realer Objekte ist *MixRepair* unabhängig von 3D-Vorlagen. Direkte physikalische Manipulation erlaubt intuitivere Bedienung. *Encore* (Chen et al. 2015) ist ein *Personal-Fabrication-System* für das Drucken von Attachments auf reale Objekt. Über das 3D-Modell eines realen Objekts werden klassifizierte Flächenverbindungen als Heatmaps projiziert. Der Nutzer kann unkritische Bereiche für Attachments selektieren und diese drucken lassen. Es ist zu prüfen, ob das Verfahren zur Generierung von Flächenverbindungen in *MixRepair* anwendbar ist.

3 Konzept

Die Funktionsweise von *MixRepair* wird in einem durchgängigen Task beschrieben, bei dem der Nutzer eine Tasse mit abgebrochenem Henkel reparieren will. Der Nutzer trägt eine AR-Brille mit integriertem Tiefensensor und einer Processing-Unit. Der Nutzer kann die Tasse einscannen und den Scan sofort weiterverarbeiten. Zusätzlich dient der Scan als Referenz und Negativ für den zu druckenden Henkel, um eine hohe Passgenauigkeit zu erzielen. Scan und Mesh-Berechnung werden auf dem mobilen Endgerät durchgeführt (siehe Ondrůška et al. 2015; Schöps et al. 2015).

Der Menüwechsel erfolgt durch eine auf *Mid-Air-Touch* basierenden Technik. Der Nutzer dreht die Innenfläche der linken Hand in Richtung des Kopfes. Rund um die Handfläche erscheint ein fächerförmiges Menü (siehe Abb. 1a). Um zwischen den Modi zu wechseln, durchstößt der Nutzer die entsprechende Schaltfläche, wie bei einer Touch-Eingabe oder wischt vom Zentrum der Handfläche aus durch die Fläche hindurch.

Im *Sculpting-Modus* (Abb. 1b) wird das generierte Mesh über das Objekt gelegt. Beginnend bei der ersten Bruchstelle kann eine Linie zur zweiten Bruchstelle gezogen werden, die in etwa die Form des gewünschten Henkels hat (Abb. 2a). Das Konzept lehnt sich an (Igarashi et al. 1999) und wird für *MixRepair* erweitert. Ausgehend von dem Start- und Endpunkt der gezeichneten Linie wird eine Nearest-Neighbour-Search auf zuvor separierte Teil-Meshes (Shapira et al. 2008) durchgeführt. Das Teil-Mesh, das den Start- respektive Endpunkt beinhaltet, wird als Bruchstelle angesehen. Die geglätteten Ränder des Teil-Meshes bilden den Querschnitt für den Henkel und werden automatisch entlang der gezeichnete Linie extrudiert (Abb. 2b).



Abb. 1: Nutzer wählt die den Scan-Modus zum Scannen der Tasse (a); das Resultat des Scans wird dargestellt und der Nutzer kann in den Sculpting-Modus wechseln (b); das fertige Modell des Henkels kann gedruckt werden (c)

Die generierte Form kann anschließend frei bearbeitet werden (*Direct Sculpting*). Dabei steht die Hand bzw. die Finger als Repräsentation für die Werkzeuge, die Material hinzufügen oder entfernen können und auf den Voxel des virtuellen Objektes arbeiten (Clay-Metapher). In diesem Modus kann der Nutzer das generierte Modell nach seinen Wünschen anpassen (Abb. 2c). Basis der möglichen Operationen bilden die Arbeiten von Predy und Sheng (Predy et al. 2012; Sheng et al. 2006). Das erstellte Modell kann in einem weiteren Modus, *Inspect-Mode*, rotiert, skaliert und mit den Händen verschoben werden, um es von allen Seiten zu betrachten und es so auszurichten, dass es besser zu bearbeiten ist.



Abb. 2: Nutzer zeichnet Basislinie des Henkels (a); Algorithmus generiert auf Basis der Zeichnung und des Meshs ein Rohmodell (b); Nutzer modifiziert das Modell durch Direct Sculpting (c)

Das Modell kann im Druck-Modus (Abb. 1c) in ein STL-Objekt umgewandelt und an einen 3D-Drucker gesendet werden.

4 Zusammenfassung & Ausblick

Mit *MixRepair* wurde ein Konzept eines interaktiven Augmented-Fabrication-Tools für in-situ Reparatur vorgestellt. Automatische Generierung des Ersatzteils sowie direktes Verformen als Funktionen einer mobilen 3D-Arbeitsstation sind die Alleinstellungsmerkmale des Ansatzes. Umgesetzt wurden bisher die Gestenerkennung und Mid-Air-Touch, die Verarbeitung von Tiefendaten auf mobilen Geräten und die Echtzeit-3D-Rekonstruktion. In einem nächsten Schritt sollen diese, in Kombination mit Techniken zur Bearbeitung von virtuellen 3D-Objekten zu der Entwicklung eines Prototypen verwendet werden. Eine nachfolgende Akzeptanzstudie mit der Zielgruppe soll ebenfalls durchgeführt werden.

Literaturverzeichnis

- Beckmann, C., Fetter, M., & Gross, T. (2014). FabAR: Interaktive Fabrikation von 3D-Drucken durch Mashups. In *Mensch & Computer*. 65-74.
- Chen, X.A., Coros, S., Mankoff, J. & Hudson, S.E. (2015). Encore: 3D printed augmentation of everyday objects with printed-over, affixed and interlocked attachments. In *Proc. of UIST '15*. ACM, 73-82.
- Gerschenfeld, N. (2005): *Fab: The Coming Revolution on Your Desktop – from Personal Computers to Personal Fabrication*. Basic Books. New York, 2005.
- Igarashi, T., Matsuoka, S. & Tanaka, H. (2007). Teddy: A Sketching Interface for 3D Freeform Design. In *Proc. of SIGGRAPH' 07*. ACM. Article 20.
- Lau, M., Hirose, M., Ohgawara, A., Mitani, J. & Igarashi, T. (2012). Situated modeling: a shape-stamping interface with tangible primitives. In *Proc. of TEI'12*. ACM, 275-282.
- Müller, S., Lopes, P. & Baudisch, P. (2012): Interactive Construction: Interactive Fabrication of Functional Mechanical Devices. In *Proc. of UIST'12*. ACM, 599-606.
- Ondruška, P., Kohli, P. & Izadi, S. (2015): MobileFusion: Real-Time Volumetric Surface Reconstruction and Dense Tracking on Mobile Phones. In *IEEE T VIS COMPUT GR*. 21, 11, 1251-1258.
- Predy, L., Rice-Khoury, A., Fowler, G., Romanovska, A. & Brown, H. F. (2012). 123D sculpt: designing a mobile 3d modeling application for novice users. In *Proc. of CHI'12*. ACM, 845-848.
- Ramakers, R., Anderson, F., Grossman, T. & Fitzmaurice, G. (2016). RetroFab: A design tool for retrofitting physical interfaces using actuators, sensors and 3d printing. In *Proc. of CHI'16*. ACM, 411-419
- Schöps, T., Sattler, T., Hane, C., & Pollefeys, M. (2015). 3D Modeling on the Go: Interactive 3D Reconstruction of Large-Scale Scenes on Mobile Devices. In *Proc. of 3DV'15*. IEEE, 291-299.
- Shapira, L., Shamir, A., & Cohen-Or, D. (2008). Consistent Mesh Partitioning and Skeletonisation using the Shape Diameter Function. In *The Visual Computer*, 24(4), 249-259.
- Sheng, J., Balakrishnan, R., & Singh, K. (2006). An interface for virtual 3D sculpting via physical proxy. In *GRAPHITE*. Vol. 6, 213-220.
- Shewbridge, R., Hurst, A., & Kane, S. K. (2014). Everyday making: identifying future uses for 3D printing in the home. In *Proc. of DIS'14*. ACM, 815-824.
- Weichel, C., Lau, M., Kim, D., Villar, N., & Gellersen, H. W. (2014). MixFab: a mixed-reality environment for personal fabrication. In *Proc. of CHI '14*. ACM, 3855-3864.
- Willis, K. D., Xu, C., Wu, K. J., Levin, G., & Gross, M. D. (2011). Interactive fabrication: new interfaces for digital fabrication. In *Proc. of TEI'11*. ACM, 69-72.