

Verformbaren Mobilgeräten gehört die Zukunft

Wie gedruckte Elektronik und deformierbare Bildschirme die Interaktion mit mobilen Anwendungen verändern werden

Jürgen Steimle · Simon Olberding

Einleitung

Ein Smart Phone, das der Nutzer bei Bedarf zu einem Tablet-Computer ausrollen kann. Papierartige Computergeräte, die vom Nutzer einfach auf die passende Größe zugeschnitten werden können. Ein dreidimensionales Modell auf einem flexiblen Multi-Touch-Display, das der Nutzer direkt und intuitiv durch Verformen des Displays verändert. Dies sind nur einige der Visionen, die durch gedruckte Elektronik und verformbare Displays möglich werden.

Bislang waren Computergeräte in ihrer Form, Größe und in den Interaktionsmöglichkeiten durch die starren und relativ dicken Printed Circuit Boards (PCBs) beschränkt. Nun stehen grundlegende Veränderungen im Fabrikationsprozess von elektronischen Komponenten bevor: Gedruckte Elektronik ermöglicht es, papierdünne und flexible Displays und Sensoren zu sehr geringen Kosten herzustellen [4]. Damit kann eine wesentliche Beschränkung existierender Computergeräte aufgehoben werden, nämlich deren starre Form und unveränderliche Größe.

Mobilgeräte der Zukunft, die über ein flexibles Display und flexible Elektronik verfügen, können direkt vom Nutzer verformt und angepasst werden – ganz ähnlich wie man Papier biegen, falten oder aufrollen kann. Dies ermöglicht neue physische Formen von Computergeräten, die mobiler und vielseitiger einsetzbar sind. Darüber hinaus werden grundsätzlich neue Interaktionen mit Mobilgeräten möglich, die über das derzeit bestimmende Multi-Touch Paradigma hinausgehen und dadurch weitere Anwendungen für Mobile und Ubiquitous Computing erschließen.

In der Arbeitsgruppe Embodied Interaction am Max-Planck-Institut für Informatik erforschen wir neue Mobilgeräte und Interaktionen, die durch gedruckte Elektronik möglich werden. Wir untersuchen systematisch neue Interaktionsmodalitäten für flexible Mobilgeräte, erforschen, welche Anwendungen diese ermöglichen, entwickeln neue Interaktionstechniken und evaluieren diese empirisch mit Nutzern. Unsere Prototypen flexibler Mobilgeräte realisieren wir mithilfe von gedruckter Elektronik oder, falls bestimmte Hardware derzeit noch nicht fabriziert werden kann, durch Simulation mit Tracking- und Projection-Mapping-Verfahren.

Basierend auf einigen unserer Forschungsarbeiten gehen wir in diesem Artikel auf die neuen Interaktionsmodalitäten ein, die flexible Mobilgeräte eröffnen, und zeigen neue Anwendungsmöglichkeiten auf. Abbildung 1 illustriert den Design-Raum und zeigt grundlegende neue Modalitäten auf. Diese umfassen: verbiegen, falten oder rollen, sowie zuschneiden. Diese physischen Interaktionen ergänzen existierende Formen der Eingabe, wie beispielsweise Multi-Touch, um neue Interaktionen, die den dreidimensionalen Raum und physische Form intuitiv auf digitale Inhalte abbilden. Dies wird in den folgenden Abschnitten anhand von einigen Beispielen näher ausgeführt.

DOI 10.1007/s00287-014-0800-x
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

Jürgen Steimle · Simon Olberding
Embodied Interaction Group,
Max-Planck-Institut für Informatik,
Exzellenzcluster Multimodal Computing and Interaction,
Saarbrücken
E-Mail: {jsteimle, solberdi}@mpi-inf.mpg.de

Zusammenfassung

Gedruckte Elektronik und verformbare Bildschirme ermöglichen eine neue Klasse von Mobilgeräten, die papierdünn sind und vom Nutzer physisch verformt und angepasst werden können. Dies eröffnet grundsätzlich neue Möglichkeiten für die Interaktion mit Mobilgeräten, die weit über Multi-Touch hinausgehen. In diesem Artikel gehen wir auf die neuen Interaktionsmodalitäten von verformbaren Mobilgeräten ein und zeigen neue Anwendungsmöglichkeiten auf. Diese umfassen die Interaktion mit verformbaren Tablet-Computern, faltbaren und rollbaren Mobilgeräten sowie zuschneidbaren interaktiven Oberflächen.

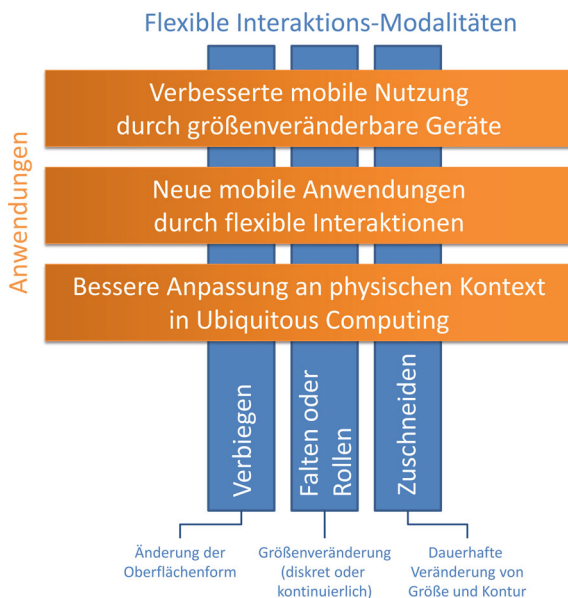


Abb. 1 Neue Interaktionsmodalitäten für flexible Mobilgeräte und zentrale Anwendungsbereiche

Verformbare Tablet-Computer

Klassische flache Displays eignen sich sehr gut für die Interaktion mit zweidimensionalen Daten, stoßen jedoch schnell an Grenzen, wenn es um dreidimensionale Inhalte geht. Gedruckte Elektronik erlaubt es inzwischen, flexible Displays herzustellen, die so dünn sind, dass sie stark verformt werden können. Dies ermöglicht es, das Display in sehr vielfältige Formen zu verbiegen – das Display wird räumlich.

Mit Flexpad [5] erforschen wir Interaktionsmöglichkeiten für stark verformbare Tablet-Computer und zeigen, dass starke Verformbarkeit grundsätzlich neue Interaktionen möglich macht, die eine physische und sehr direkte Arbeit mit räumlichen Daten unterstützen. Anhand von mehreren Anwendungsbeispielen entwickeln wir Interaktionen für die Navigation in und die Modellierung von dreidimensionalen Daten. Ein Anwendungsbeispiel ist die Analyse von volumetrischen Daten, wie sie bei MRT- und CT-Scans erzeugt werden. Gleichsam einer beweglichen Linse kann der Nutzer das Display durch ein MRT-Bild bewegen, das virtuell im Raum zu schweben scheint. Je nachdem, wie das Display verformt ist, werden andere Schnitte durch das Volumen sichtbar (Abb. 2). Dies ermöglicht eine sehr direkte Interaktion mit den Daten, besonders wenn gekrümmte Phänomene analysiert werden sollen. Somit ist es nicht nur Experten möglich, die Daten zu analysieren. Auch Patienten, Schüler oder generell interessierte Laien können auf spielerische Weise medizinische Bilddaten analysieren.

Technisch ist das stark verformbare Display mit Hilfe eines Projection-Mapping-Ansatzes realisiert. Nahezu jedes beliebige Blatt Papier kann dabei als verformbare Display-Oberfläche verwendet werden.

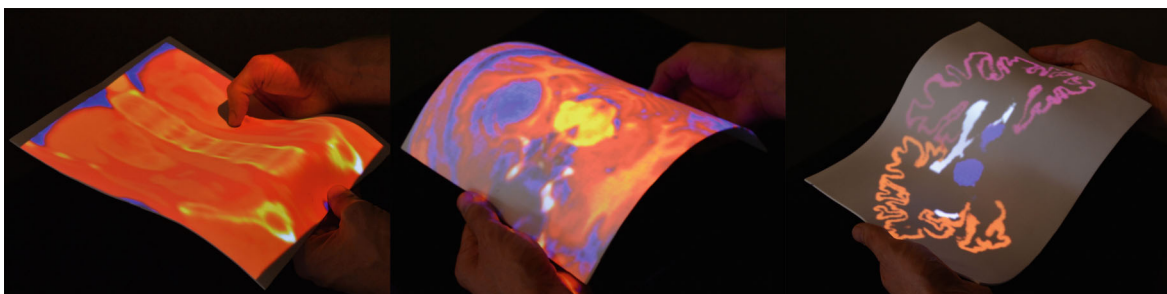


Abb. 2 Flexpad ermöglicht es durch Verformen des Bildschirms dreidimensionale Bilder (z. B. CT- und MRT-Scans) entlang der gekrümmten Anatomie und Formgebung des Körpers auf intuitive Art und Weise zu explorieren

Abstract

Printed electronics and flexible displays enable a new class of mobile devices that are paper-thin and can be physically deformed and adapted in shape. This opens novel opportunities for interacting with mobile devices, which extend far beyond multi-touch input. This article gives an overview of novel interaction modalities for deformable mobile devices and illustrates some of their applications. This includes interaction with deformable tablet computers, with foldable and rollable mobile devices and with cuttable interactive surfaces.

Eine Tiefenkamera erfasst die Szene. Unser System erzeugt aus den Bilddaten in Echtzeit ein Modell der Oberfläche, das nicht nur die Position und Orientierung des Blattes im dreidimensionalen Raum erfasst, sondern auch im Detail modelliert, wie das Blatt verformt ist. Diese Information erlaubt es, mit einem Projektor die visuellen Inhalte des Displays perspektivisch korrigiert auf das Blatt zu projizieren, sodass die Inhalte an einer festen Position auf dem Blatt erscheinen, egal wie das Blatt bewegt und verformt wird. Somit können bereits heute stark verformbare Displays kostengünstig mit Standard-Hardware realisiert werden. Wenn in Zukunft auch OLED-Displays zur Verfügung stehen, die sehr stark verformt werden können, so kann dieses Konzept voll mobil, nur mithilfe eines Tablet-Computers, realisiert werden.

Größenveränderbare Mobilgeräte

Smartphones, Tablets und Notebooks gibt es in unterschiedlichsten Größen, die jeweils unterschiedliche Stärken und Schwächen aufweisen. Zum

Beispiel sind Smartphones sehr mobil, bieten aber nur eine kleine Displayoberfläche. Dies kompensieren Tablets, allerdings zum Preis von weniger Mobilität. Gedruckte Elektronik macht nun Geräte mit größenveränderbaren Displays möglich: Das Display kann ein- und ausgefaltet oder ein- und ausgerollt werden. Solche Geräte kombinieren damit die Vorteile unterschiedlicher Displaygrößen. Sie sind sehr mobil und bieten dem Nutzer immer soviel Displayfläche, wie gerade benötigt wird.

In unserer früheren Forschung haben wir gezeigt, wie Mobilgeräte mit rollbaren und faltbaren Bildschirmen die Interaktion mit verschiedenen Medientypen, wie beispielsweise Landkarten, Text oder Fotosammlungen, verbessern können [1, 2]. Darüber hinaus haben größenveränderliche Displays ein großes Potenzial, um Besprechungen und Gruppenarbeiten zu verbessern. Bereits heute werden Smartphones und Tablets für diese Zwecke genutzt, beispielsweise um spontan mit einem Kollegen auf dem Flur über die Inhalte einer Präsentation zu sprechen oder einem Kunden nähere Informationen über ein Produkt zu zeigen. Durch die kleine Displaygröße bieten heutige Geräte jedoch nur sehr eingeschränkte Unterstützung für solche Gruppenszenarien.

Um spontane Gruppenarbeit in mobilen Szenarien besser zu unterstützen, haben wir einen Prototyp eines Mobilgeräts mit ausrollbarem Display entwickelt [6]. Anders als bei herkömmlichen Mobilgeräten wird die gemeinsame, große Displayfläche auch gemeinsam gehalten und kontrolliert. Dies erlaubt eine sehr direkte und physische spürbare Verbindung zwischen den Gesprächspartnern (Abb. 3). Darüber hinausgehend ermöglicht das rollbare Display es den Nutzern, zwei zentrale Dimensionen für mobile kollaborative Aktivitäten

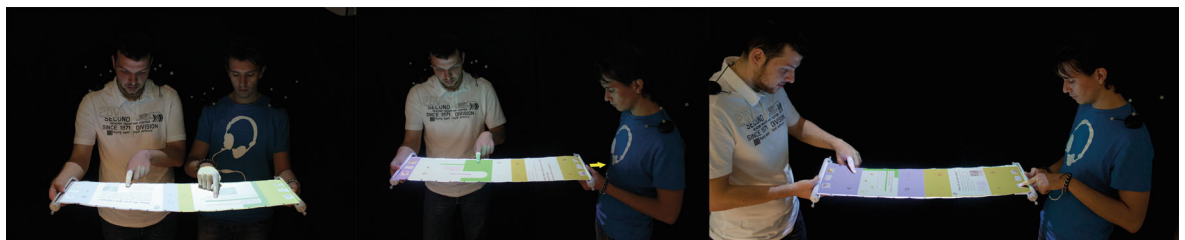


Abb. 3 Ein gemeinsam gehaltenes, ausrollbares Mobilgerät bietet genügend Bildschirmfläche für ultra-mobile Besprechungen im Stehen. Die variable Größe des Gerätes sowie verschiedene Anordnungen der Nutzer bietet jeweils passende Unterstützung für eine Vielzahl an Gesprächssituationen, beispielsweise gemeinsame Arbeit (links), Arbeit mit persönlichen Inhalten (Mitte) und kurzzeitig getrennte Arbeit (rechts)

spontan zu verändern: Zum einen die Distanz zum Gesprächspartner und zum anderen die Orientierung um das Gerät herum. Damit passt sich das Interface sehr flexibel der Situation und Dynamik der Gruppenarbeit an (Abb. 3): Nutzer können beispielsweise fokussiert an einem gemeinsamen Inhalt arbeiten, kurz in getrennte Aktivitäten wechseln und ihre Ergebnisse anschließend zusammenführen. Nutzer können auch dynamisch ihre Distanz zueinander verändern und sich so beispielsweise bei vertraulichen Inhalten aufeinander zubewegen oder bei persönlichen Inhalten voneinander entfernen. Dies unterstreicht die vielfältige Nutzbarkeit von größenveränderlichen Displays.

Zuschneidbare interaktive Oberflächen

Eine zentrale Vision in Ubiquitous Computing ist es, Alltagsgegenstände interaktiv zu machen, um sie besser an den Kontext ihrer Nutzung anzupassen. Neu hergestellte Gegenstände können direkt ab Werk mit interaktiven Elementen ausgestattet werden, zum Beispiel mit Sensoren oder Displays. Die weitaus größere Menge von Gegenständen ist jedoch nach wie vor nicht mit Elektronik ausgestattet. Um es Nutzern zu ermöglichen spontan nahezu jeden Gegenstand mit Interaktivität zu versehen, haben wir eine gedruckte Sensor-Folie entwickelt, die Multi-Touch-Eingaben erfasst [3]. Da sich Alltagsgegenstände stark in ihrer Form und Größe unterscheiden, kann der Nutzer die dünne und flexible Folie direkt auf die gewünschte Form zuschneiden, ähnlich wie man ein herkömmliches Blatt Papier zuschneiden würde (Abb. 4).

Die Folie kann dann auf den Alltagsgegenstand geklebt werden (Abb. 5). So kann der Anwender beispielsweise einen klassischen Tisch auf einfache Weise in einen interaktiven Multi-Touch Tisch verwandeln, eine Tapete mit interaktiven Elementen versehen oder das Cover eines Tablet-Computers touchsensitiv machen.

Um zu vermeiden, dass der Sensor durch Schnitte beschädigt wird, haben wir robuste geometrische Layouts für die Verdrahtung innerhalb des Sensors entwickelt, und uns dabei von Baumstrukturen und radialen Strukturen aus der Natur inspirieren lassen. Der Sensor kann in eine große Vielfalt von konvexen Formen (z. B. Dreieck, Rechteck, Ellipse) geschnitten werden. Auch Formen mit konkaven Elementen (z. B. Stern) werden gut unterstützt. Die Robustheit des Sensors kann weiter

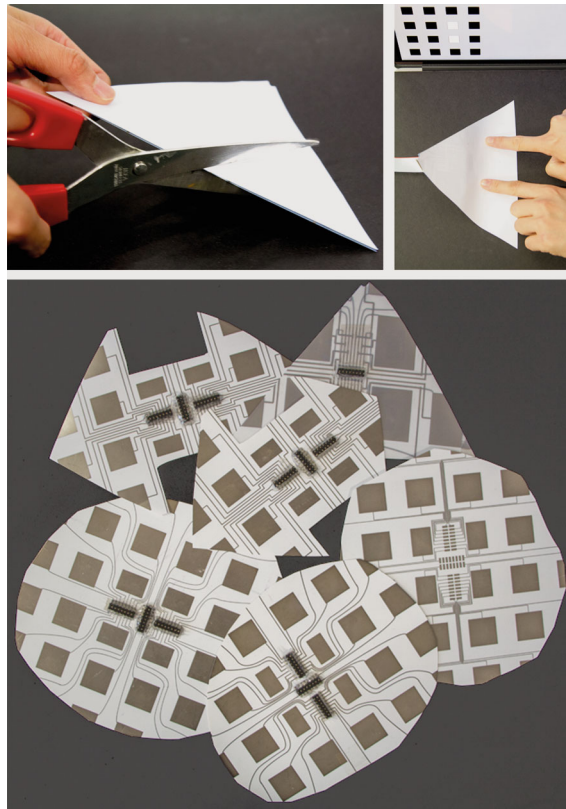


Abb. 4 Der Multi-touch-Sensor kann in verschiedenste Formen geschnitten werden und bleibt funktionstüchtig



Abb. 5 Zugeschnitten auf die Größe des Buches, kann der Multi-touch-Sensor als interaktives Buchcover verwendet werden

gesteigert werden, in dem Layoutschichten physisch übereinander gelagert werden. Da das Substrat nur mit passiven Komponenten bedruckt wird, ist ein Ausdruck sehr kostengünstig herstellbar.

Ausblick

Gedruckte Elektronik ist bereits Wirklichkeit. Das erste Mobiltelefon mit flexiblem Display, das Sam-

sung Galaxy Round, ist seit wenigen Monaten auf dem Massenmarkt erhältlich. Verformbare e-Paper Displays werden bereits produziert, unterstützen derzeit jedoch noch keine Farben und haben vergleichsweise langsame Updateraten. Bis stark verformbare oder rollbare OLED-Displays für Endkunden erhältlich sind werden noch wenige Jahre vergehen. Experten sehen die zweite Hälfte dieses Jahrzehnts als realistischen Zeitraum an [4].

Gleichzeitig wird sich gedruckte Elektronik in immer mehr Bereichen durchsetzen. Über Displays und Touchsensoren hinausgehend werden gedruckte Prozessoren, Speicher und Batterien möglich. Diese Entwicklungen werden auch weiterhin unser Verständnis verändern, was ein Computergerät ist, wie es aussieht und wie wir mit ihm interagieren. So kann davon ausgegangen werden, dass gedruckte Computer noch mobiler werden, neue Anwendun-

gen ermöglichen und Ubiquitous Computing noch allgegenwärtiger machen.

Danksagung

Ein Teil der beschriebenen Arbeiten wurde gefördert durch das Exzellenzcluster Multimodal Computing and Interaction der Universität des Saarlands.

Literatur

1. Khalilbeigi M, Lissermann R, Kleine W, Steimle J (2012) FoldMe: Interacting with Dual-sided Foldable Displays. Proc. TEI'12, ACM Press
2. Khalilbeigi M, Lissermann R, Mühlhäuser M, and Steimle J (2011) Xpaaand: Interaction techniques for rollable displays. Proc. CHI '11
3. Olberding S, Gong N, Tiab J, Paradiso JA, Steimle JA (2013) Cuttable Multi-touch Sensor. Proc. UIST'13
4. Organic Electronic Association (2013) Organic and Printed Electronics. 5. Aufl. VDMA Verlag
5. Steimle J, Jordt A, Maes P (2013) Flexpad: Highly Flexible Bending Interactions for Projected Handheld Displays. Proc. CHI'13
6. Steimle J, Olberding S (2012) When Mobile Phones Expand Into Handheld Tabletops. Proc. CHI'12, alt.chi