

Texteingabe für mobile Geräte

Mihail Tsvyatkov

LFE Medieninformatik
Ludwig-Maximilians-Universität München
Amalienstraße 17, 80333 München, Germany
mihail@ifi.lmu.de

Zusammenfassung Mobile Endgeräte werden immer kleiner und leistungsfähiger und der Einsatz von derzeitigen Texteingabetechniken bei denen immer schwieriger und ihre Leistung (z.B. Geschwindigkeit bei der Texteingabe) unzufriedenstellend. In dieser Ausarbeitung werden Texteingabetechniken für mobile Endgeräte vorgestellt, die im Alltag eine Verwendung finden. Solche sind z.B. Tasten- oder Plastikstift-basierte Eingabetechniken, die bei Geräten mit berührungssensitiven Bildschirmen eingesetzt werden. Ihre Vor- und Nachteile werden ebenfalls diskutiert. Darüber hinaus werden im Rahmen dieser Arbeit noch innovative Eingabemethoden, die auf der Idee der Kombination aus einem Tastendruck und einer Neigung des Geräts in eine der Bewegungsrichtungen beruhen, beschrieben und mit den derzeitigen Eingabetechniken verglichen.

1 Einleitung

Die erfolgreichste Schnittstelle für Texteingabe ist derzeit die PC-Standard-Tastatur. Da sie aber in ihrer Standardgröße für kleine Endgeräte wie z.B. Handys nicht einsetzbar ist, wird seit Jahren nach kompakteren Alternativen geforscht. Eine solche Alternative ist z.B. die Multi-Tastendruck-basierte Texteingabetechnik - eine der am weitesten verbreiteten SMS-Texteingabetechniken. Bei dieser Technik wird eine Verteilung der Buchstaben auf die zehn Zifferntasten vorgenommen. Um einen Buchstaben zu treffen, muß man auf eine Taste bis zu viermal drücken, was aber die Geschwindigkeit der Texteingabe wesentlich reduziert. Bei einer SMS-Texteingabe ist diese Geschwindigkeit akzeptabel. Bei der heutigen Möglichkeit, per Mobiltelefon größere Texte wie z.B. E-Mails oder Textdokumente zu bearbeiten, ist das nicht mehr der Fall.

Eine andere häufig verwendete Technik ist die Plastikstift-basierte Eingabe, die bei Geräten mit einem berührungssensitiven Bildschirm eingesetzt wird. Dabei gibt der Benutzer den Text per eine virtuelle, auf dem berührungssensitiven Bildschirm eingeblendete Tastatur ein. Mobile Endgeräte und damit auch ihre Bildschirme werden aber immer kleiner, was die Platzierung sowie die Bedienung einer virtuellen Tastatur erschwert. Andererseits befindet sich der Benutzer bei einer Texteingabe oft in Bewegung und kann dabei nicht immer seine beiden Hände benutzen, was diese Technik erfordert.

Forscher gehen deswegen noch weiter und entwickeln innovative Texteingabetechniken, die die Neigung des Geräts in eine der Bewegungsrichtungen (nach links, nach rechts, nach vorne, nach hinten) als Eingabe erkennen[1], [2], [3]. Die Neigungsrichtung wird dabei mit einem Tastendruck kombiniert und dadurch das mehrmalige Drücken der Taste bei der Multi-Tastendruck-basierten Texteingabe vermieden. Interessant ist, daß hier eine Geschwindigkeit der Texteingabe erreicht wird, die im Vergleich zu der Multi-Tastendruck-basierten Texteingabe um 22,9 % höher liegt¹[3].

Diese Vielfalt von weitverbreiteten und innovativen Texteingabetechniken wird im Folgenden vorgestellt.

2 Tastenbasierte Texteingabetechniken

Viele Mobiltelefone sind derzeit mit der bekannten 12-Tasten-Tastatur (0-9, *, und #) ausgestattet (Abbildung 1). Es ist aber klar, daß eine eindeutige Zuordnung der Textsymbole z.B. des deutschen Alphabets (30 Buchstaben) zu den zwölf Tasten nicht möglich ist. Jeder Taste muß mehr als ein Buchstabe zugeordnet werden. Dabei entsteht das Problem, daß beim Drücken einer Taste nicht eindeutig ist, welcher Buchstabe gemeint ist. Um diese Mehrdeutigkeit bei der Texteingabe zu vermeiden, werden vier Techniken verwendet: die Multi-Tastendruck-basierte, die Zwei-Tasten-Druck-basierte, die wörterbuchbasierte und die auf dem gleichzeitigen Drücken mehrerer Tasten basierende Texteingabetechnik.



Abbildung 1. 12-Tasten-Tastatur eines Mobiltelefons[3].

2.1 Multi-Tastendruck-basierte Texteingabe

Fast jeder, der ein Mobiltelefon verwendet, kennt die Multi-Tastendruck-basierte Texteingabe vielleicht nicht als Begriff, aber doch wenigstens als die Methode

¹ An dem Einsatz von Gesten und Zeichen zur Steuerung mobiler Endgeräte wird auch viel gearbeitet, worauf aber in dem Rahmen dieser Ausarbeitung nicht eingegangen wird. Diesbezüglich wird aber auf die Arbeit von Thomas Kraus hingewiesen mit dem Titel "Neue Eingabemethoden für Mobile Endgeräte durch Gesten" [4].

für die SMS-Texteingabe, die er benutzt.

Die Idee der Multi-Tastendruck-basierten Texteingabe ist, daß ein Buchstabe, der einer der Tasten zugeteilt ist, durch das ein- oder mehrmalige Drücken der entsprechenden Taste ausgewählt wird. Einer Taste ist eine Buchstabengruppe zugeordnet (meistens bestehend aus 3 oder 4 Buchstaben), wobei die Anzahl der Tastendrucke von der Position des gewünschten Buchstabens innerhalb der Buchstabengruppe abhängt. Bei der 12-Tasten-Tastatur (Abbildung 1) erscheinen z.B. auf der Taste 9 normalerweise die Buchstaben 'w', 'x', 'y', 'z' und, wenn diese Taste einmal gedrückt wird, liefert das 'w', wenn zweimal - 'x', wenn dreimal - 'y', und wenn viermal - 'z'.

Ein Problem entsteht aber, wenn der Benutzer versucht, nacheinander zwei Buchstaben einzugeben, die der gleichen Taste zugeordnet sind. Dann ist es nicht mehr klar, wieviel Tastendrucke zu der ersten und wieviel zu der zweiten Auswahl einer Buchstabe zählen. Wenn z.B. die Taste 9 dreimal gedrückt wird, dann könnte das folgendermaßen interpretiert werden:

- als 'wx' - einen Tastendruck für 'w' und zwei für 'x'
- als 'xw' - zwei Tastendrucke für 'x' und einer für 'w'
- oder sogar als 'y'.

Um diese Mehrdeutigkeit zu vermeiden, wird eine Zeitspanne (Timeout), meistens eine oder zwei Sekunden, für einen Tastendruck angesetzt. Wenn der Benutzer innerhalb dieser Zeitspanne auf keine Taste drückt, wird das als Zeichen des Endes der Eingabe eines Buchstabens angenommen. Um z.B. 'wx' einzutippen, muß der Benutzer nach diesem Modell zuerst auf die Taste 9 drücken, dann das Timeout abwarten, und am Ende wieder auf die Taste 9 zweimal drücken.

Weil aber das Timeout die Texteingabegeschwindigkeit verzögert, wird oft eine Timeout-Löschen-Taste eingesetzt, durch die das Timeout übersprungen werden könnte.

Die Multi-Tastendruck-basierte Texteingabe behebt Mehrdeutigkeit, ist aber relativ langsam im Gegensatz zu der PC-Standard-Tastatur.

Man muß auch die durchschnittliche Anzahl der Tastendrucke pro Buchstabe beachten. Diese liegt laut der Ergebnisse aus [3] bei ca. 2,03 Tastendrucke pro Buchstabe[3].

2.2 Zwei-Tasten-Druck-basierte Texteingabe

Eine Modifikation der Multi-Tastendruck-basierten Texteingabe ist die Zwei-Tasten-Druck-basierte Texteingabe. Bei dieser Texteingabeteknik muß der Benutzer zwei Tasten schnell nacheinander drücken, um einen Buchstaben einzugeben. Der erste Tastendruck wählt eine Buchstabengruppe, die der entsprechenden Taste zugeteilt ist und der zweite Tastendruck bestimmt die Position des gewünschten Buchstabens innerhalb der Buchstabengruppe. Um z.B. bei der 12-Tasten-Tastatur (Abbildung 1) die Buchstabe 'x' auszuwählen, muß der Benutzer zuerst auf die Taste 9 drücken, um die aus den Buchstaben 'w', 'x', 'y', 'z' bestehende Gruppe zu selektieren, und danach die Taste 2 treffen, falls der

Buchstabe 'x' die Position 2 innerhalb der Gruppe hat.

Diese Technik ist einfach, hat aber keine große Popularität gewinnen können. Bei ihr sind offensichtlich 2 Tastendrucke pro Buchstabe erforderlich[3].

2.3 Wörterbuchbasierte Texteingabe

Es gibt eine Reihe von wörterbuchbasierten Texteingabetechiken, die Beihilfe bei anderen Techniken wie z.B. der Multi-Tastendruck-basierten Texteingabeteknik leisten. Ein Beispiel hierfür ist die T9 (www.tegic.com). Bei T9 werden alle möglichen Buchstabensequenzen berechnet, die sich aus allen bisher gemachten Tastendrücken ergeben. Diese Buchstabensequenzen werden dann mit den Wörtern in einem Wörterbuch verglichen und so die Kombinationen entfernt, die keinen Sinn ergeben. Die Tastensequenz 2, 3, 4 wird z.B. 27 mögliche Buchstabensequenzen ergeben. Viele von diesen Buchstabensequenzen haben aber keine Bedeutung und werden deswegen abgelehnt.

Mehrdeutigkeit taucht aber auf, wenn mehr als eine sinnvolle Buchstabensequenz gefunden wird. Die Tastensequenz aus 3 und 7 z.B. ergibt mindestens zwei mögliche sinnvolle Worte in Deutsch - 'er' und 'es'. Dieses Problem wird durch eine zusätzliche "Nächst"-Taste gelöst. Falls das System das falsche Wort ausgibt, kann der Benutzer die "Nächst"-Taste drücken und zu einer anderen sinnvollen Buchstabensequenz wechseln.

Die Anzahl der Tastendrucke pro Buchstabe liegt hier durchschnittlich bei 1 (für Englisch-ähnliche Wörter)[3]. Neuere wörterbuchbasierte Texteingabetekniken wie LetterWise[3] und WordWise (www.eatoni.com) erreichen auch eine zufriedenstellende Leistung mit feinen Vorteilen gegenüber früheren Techniken. Diese Gruppe von Texteingabetekniken erbringt eine erfreuliche Performanz, hat jedoch den Nachteil, daß sie sprachabhängig ist. So muß bspw. bei T9 das Wörterbuch mit der Sprache, die der Benutzer bei der Texteingabe verwendet, kompatibel gemacht werden. Die durchschnittliche Anzahl der Tastendrucke pro Buchstabe dürfte dann nicht mehr gleich 1 sein. Ein weiteres Problem tritt auf, wenn der Benutzer Abkürzungszeichen verwenden will, was relativ oft der Fall ist. Die Wahrscheinlichkeit, daß diese Abkürzung im Wörterbuch enthalten ist, ist gering und es kann sein, daß der Benutzer dann durch Drücken der "Nächst"-Taste die gewünschte Buchstabensequenz nicht erreichen kann.

Ein weiterer Nachteil hierbei besteht darin, daß der Benutzer bei den wörterbuchbasierten Texteingabetekniken ständig Augenkontakt mit dem Bildschirm des mobilen Geräts haben soll (das ist z.B. bei der Multi-Tastendruck-basierten Texteingabe nicht unbedingt der Fall), was unbequem für den Benutzer sein könnte, wenn er gleichzeitig anderen Beschäftigungen nachgeht.

2.4 Texteingabe basiert auf dem gleichzeitigen Drücken mehrerer Tasten

Viele Benutzer von tragbaren Rechnern verwenden für Texteingabe den Twiddler (Abbildung 2). Der Twiddler ist eine mobile, einhändige Tastatur ähnlich zu dieser eines Mobiltelefons [5]. Er ist mit 12 Tasten ausgestattet, die in drei



Abbildung 2. Twiddler. Links wird der Twiddler wie Tastatur eines Mobiltelefons verwendet. Rechts - als die Texteingabetechnik basiert auf dem gleichzeitigen Drücken mehrerer Tasten[5].

Spalten und in vier Reihen angeordnet sind. Jede Reihe wird von einem der vier Finger (den Daumen ausgenommen) bedient. An dem oberen Ende der Rückseite des Twiddlers befinden sich noch zusätzlich spezielle Tasten wie z.B. "Alt" oder "Shift", die mit dem Daumen bedient werden. Der Benutzer hält das Gerät in der Hand so, daß er seine Rückseite mit den speziellen Tasten sieht. Im Gegensatz zu der Multi-Tastendruck-basierten Texteingabe, bei der der Benutzer nur eine Taste drücken darf, um zu einem Textsymbol zu gelangen, darf der Benutzer beim Twiddler auch mehrere Tasten gleichzeitig drücken. In der Abbildung 3 sind die Standardtastenkombinationen des Twiddlers für Textsymbole zu sehen. Für die Buchstabe 'a' z.B. steht die Zeichenkette 'L00', was bedeutet, daß der Benutzer nur die linke Taste aus der obersten Tastenreihe des Twiddlers drücken muß. Jede Kette aus vier Zeichen in der Abbildung beschreibt, welche Tasten gedrückt werden sollen, um ein Textsymbol einzutippen. Die Zeichenposition in der Kette von links nach rechts entspricht den Tastenreihen des Twiddlers von oben nach unten. 'L' heißt die linke, 'M' - die mittlere, 'R' - die rechte Tastenspalte des Twiddlers, und eine '0' bezeichnet, daß man keine Taste aus der jeweiligen Reihe drücken soll. Hier muß beachtet werden, daß links aus Benutzersicht gemeint ist. Jeder Buchstabe des englischen Alphabets kann so bei einem oder zwei gleichzeitigen Tastendrücken ausgewählt werden.

Der Twiddler hat auch die Eigenschaft, daß der Benutzer selbst eine Kombination von Tasten bestimmen kann, über die sich nicht nur ein Buchstabe, sondern auch eine Buchstabensequenz definieren läßt. Eine solche sinnvolle Sequenz wäre eine oft verwendete Wort wie z.B. 'und' in Deutsch.

Die durchschnittliche Anzahl der Tastendrucke pro Buchstabe ist hier 1,4764[5]. Trotzdem ist es beim Twiddler interessant, daß er als die schnellste Texteingabetechnik unter den Multi-Tastendruck-basierten und den wörterbuchbasierten Texteingabetechniken erweist, wenn sich aber der Benutzer mit dem Twiddler gut auskennt, wie es Abbildungen 4 und 5 darstellen. Für weitere Informationen über die Experimente und die Ergebnisse, die auf den Abbildungen zu sehen sind, siehe [5].

Finger	Zeichen	Finger	Zeichen	Finger	Zeichen
L000	a				
0L00	b	RL00	i	ML00	r
00L0	c	ROLO	j	M0L0	s
000L	d	ROOL	k	MO0L	t
M000	e				
0M00	f	RM00	l	MM00	u
00M0	g	ROM0	m	M0M0	v
000M	h	ROOM	n	MO0M	w
R000	Leertaste				
OR00	Löschtaste	RR00	o	MR00	x
0OR0	Rücktaste	R0R0	p	M0R0	y
00OR	Eingabetaste	R00R	q	MO0R	z

Abbildung 3. Die Standardtastenkombinationen des Twiddlers für unterschiedliche Textsymbole. Die Zeichenposition von links nach rechts in der Kette aus 4 Zeichen in der 'Finger'-Spalte der Tabelle entspricht den Tastenreihen des Twiddlers von oben nach unten. 'L' steht für die linke, 'M' - für die mittlere, 'R' - für die rechte Tastenspalte des Twiddlers. Eine '0' bezeichnet, daß keine Taste aus der jeweiligen Reihe gedrückt wird[5].

Der Twiddler hat aber auch seine Nachteile. Er ist nicht intuitiv zu bedienen und der Benutzer muß die Tastenkombinationen lernen. Des Weiteren ist der Twiddler nur eine mobile Tastatur und in keinem mobilen Endgerät eingebaut. In einem solchen Fall müßten erneut Experimente über die Texteingabegeschwindigkeit gemacht werden.

3 Texteingabe basiert auf berührungssensitiven Bildschirmen

Berührungssensitive Bildschirme finden eine immer breitere Anwendung bei Mensch-Maschinen-Interaktionen und gewinnen immer größere Popularität. Beispiele dafür sind Informationskiosks, Bankautomaten. Der Benutzer tippt Information per virtuelle Tastatur ein oder fordert gewünschte Informationen und Vorgänge durch das Drucken einer virtuellen Taste. Ferner werden virtuelle Tastaturen oder Handschrift-Erkennungstechniken zur Texteingabe bei mobilen Endgeräten wie z.B. Palmtops benutzt. Im Folgenden werden Texteingabetechniken für mobile Endgeräte behandelt, die auf berührungssensitiven Bildschirmen basieren.

3.1 Virtuelle Tastaturen

Virtuelle oder Touchscreen-Tastaturen haben den Vorteil, daß man ihre Eigenschaften wie z.B. Layout, Sprache, oder Größe anpassen könnte, was bei einer

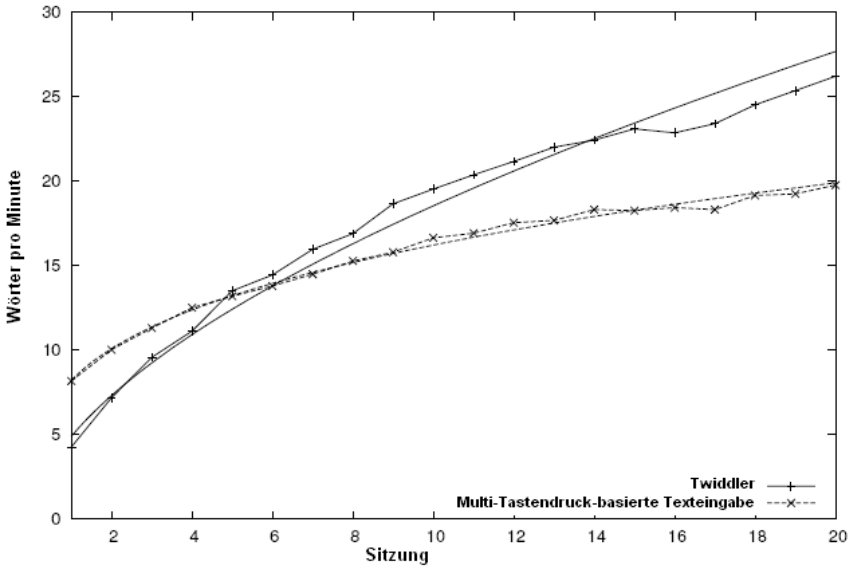


Abbildung 4. Lernraten für die Multi-Tastendruck-basierte Texteingabe und für den Twiddler[5].

PC-Standard-Tastatur nicht möglich ist. Diese Flexibilität, insbesondere bei der Anpassung der Tastaturgröße, könnte für Situationen geeignet sein, wo kleinere, mit einem berührungssensitiven Bildschirm ausgestattete Endgeräte verwendet werden.

In diesem Zusammenhang ist eine Studie über die Auswirkung der Größe der virtuellen Tastatur auf die Geschwindigkeit der Texteingabe auf einem Berührungsbildschirm durchgeführt worden[6]. Dabei wird die lift-off Strategie beim Tastendruck verwendet. Bei dieser Strategie wird eine der virtuellen Tasten erst dann gedrückt, wenn der Finger oder der Plastikstift von der Taste bzw. von dem berührungssensitiven Bildschirm abgehoben wird. Der Grund für die Entscheidung für die lift-off-Strategie ist, daß durch die sehr kleine Tastaturgröße bei anderen Strategien viele Tippfehler verursacht werden. Vier Tastaturgrößen sind bei der Studie untersucht worden: 24,6(große), 13,2(mittlere), 9,0(kleine), 6,8(extra kleine) cm, wobei der Abstand zwischen der Q- und der P-Taste gemessen wird. Nummern und Zeichensetzungstasten sind ausgelassen.

Die Ergebnisse der Studie(Abbildung 6) liefern die zu erwartende Antwort, daß je kleiner die virtuelle Tastatur, desto langsamer die Texteingabegeschwindigkeit ist. Bei der extra kleinen virtuellen Tastatur ist die Geschwindigkeit bei Benutzern mit mehr Erfahrung 20 Wörter pro Minute. Das liegt weit unten der Leistung der PC-Standard-Tastatur. Es soll aber auch erwähnt werden, daß bei der Studie eine Touchscreen mit längerer Reaktionszeit verwendet wurde, was eine negative Auswirkung auf die Schreibgeschwindigkeit hatte.

Texteingabetechnik	Tastatur	Erfahrung	WPM
basiert auf dem gleichzeitigen Drücken mehrerer Tasten (mit zuzüglich definierten Tastenkombinationen)	Twiddler	Expert	65.3
basiert auf dem gleichzeitigen Drücken mehrerer Tasten	Twiddler	Expert	59.7
basiert auf dem gleichzeitigen Drücken mehrerer Tasten	Twiddler	400 Min	26.2
LetterWise	PC-Tastatur	550 Min	21
T9	Mobiltelefon Nokia 3210	Expert	20.36
Multi-Tastendruck-basierte	Twiddler	400 Min	19.8
Multi-Tastendruck-basierte	PC-Tastatur	550 Min	15.5
TiltText	Mobiltelefon Motorola i95cl	165 Min	13.57
Multi-Tastendruck-basierte	Mobiltelefon Motorola i95cl	165 Min	11.04
T9	Mobiltelefon Nokia 3210	Anfänger	9.09
Multi-Tastendruck-basierte	Mobiltelefon Nokia 3210	Anfänger	7.98
Multi-Tastendruck-basierte	Mobiltelefon Nokia 3210	Expert	7.93
Multi-Tastendruck-basierte	PC-Tastatur	keine Angabe	7.2
Zwei-Tasten-Druck-basierte	PC-Tastatur	keine Angabe	5.5

Abbildung 5. Vergleiche von Texteingabetechniken. WPM steht für Wörter pro Minute[5].

Ein Nachteil der virtuellen Tastatur ist, daß sie in den meisten Fällen mit den beiden Händen bedient werden muß.

3.2 Unistrokes

Unistrokes (Abbildung 7) ist für Geräte gedacht, die mit einem Berührungsbildschirm und einem Plastikstift ausgestattet sind[7], [8]. Unistrokes ist eine Menge von Sonderzeichen, wobei jedes Zeichen einem Buchstaben des englischen Alphabets entspricht. Jedes Symbol wird mit dem Plastikstift auf dem berührungssensitiven Bildschirm durch einen ununterbrochenen Strich (Stroke) geschrieben. Dies erleichtert die Erkennung des einzelnen Buchstabens bei der Handschrift - das "Hinauf" und das "Herab" des Stiftes vom Bildschirm läßt eindeutig erkennen, daß ein Buchstabe ausgewählt worden ist.

Nach dem Vorbild des Unistrokes erscheinen "Dialekte" mit anderen Sonderzeichen wie Graffiti und MDITIM, die im Folgenden behandelt werden.

Graffiti Unistrokes hat aber keine große Popularität erreichen können, wobei der Hauptgrund dafür darin liegt, daß es keine ausreichende Ähnlichkeit mit den regulären, handgeschriebenen Buchstaben aufweist. Das bedeutet, daß Unistrokes gelernt werden muß. Palm Inc. hat in diesem Zusammenhang eine neue Symbolmenge entwickelt, genannt Graffiti, die in ihrem Palm-Produkt verwendet wird. Das Graffiti-Alphabet ist in der Abbildung 8 gezeigt. Es hat Striche für Rücktaste, Zeichensetzung, Ziffern, Sonderzeichen sowie den Moduswechsel zwischen Groß- und Kleinbuchstaben (in der Abbildung nicht gezeigt). Der Haupt-

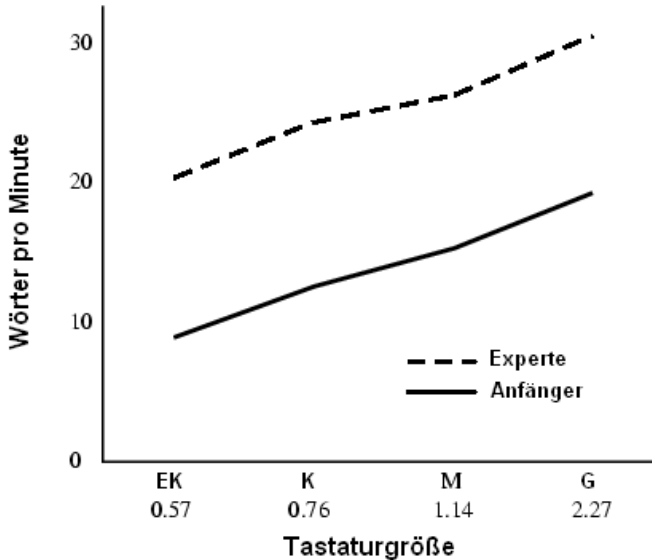


Abbildung 6. Texteingabegeschwindigkeit bei unterschiedlichen Größen einer virtuellen Tastatur. EK steht für extra klein, K - für klein, M - für mittlere und G - für groß[6]

vorteil von Graffiti vor Unistrokes ist, daß es den handgeschriebenen Buchstaben sehr ähnlicher ist: 79 % von den Graffiti-Symbolen entsprechen den Buchstaben des englischen Alphabets[8].

MDTIM MDTIM steht für 'minimal device-independent text input method' oder minimale gerätunabhängige Texteingabemethode. Es beruht auf der Behauptung, daß die leichtesten Bewegungen mit einem Plastikstift auf einem berührungssensitiven Bildschirm in die Richtungen nach oben, nach unten, nach links sowie nach rechts gehen. Das Alphabet ist in der Abbildung 9 vorgestellt. Den am häufigsten benutzten Buchstaben entsprechen kürzere Striche. Die gemessene mittlere Texteingabe-Geschwindigkeit von MDTIM ist 7,5 Wörter pro Minute[8]. Die Studie zur Ermittlung dieses Wertes war aber nicht vollständig und zum Schluß der Tests haben sich immer Verbesserungen abgezeichnet. MDTIM leidet unter dem gleichen Nachteil wie Unistrokes - das Alphabet ist dem durchschnittlichen Benutzer nicht bekannt und muß gelernt werden.

Komplexität von unterschiedlichen Unistrokes-Symbolmengen Um die Unistrokes ähnlichen Alphabete zu vergleichen, schlägt Isokoski[7] ein Modell für Vorhersage der Buchstabenschreibzeiten bei dem jeweiligen Alphabet vor. Das

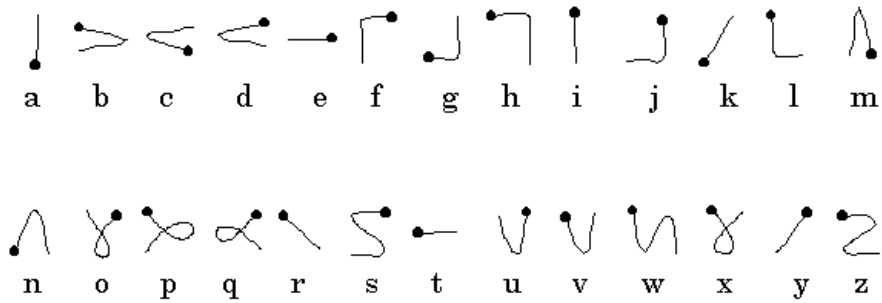


Abbildung 7. Das Unistrokes-Alphabet[8].

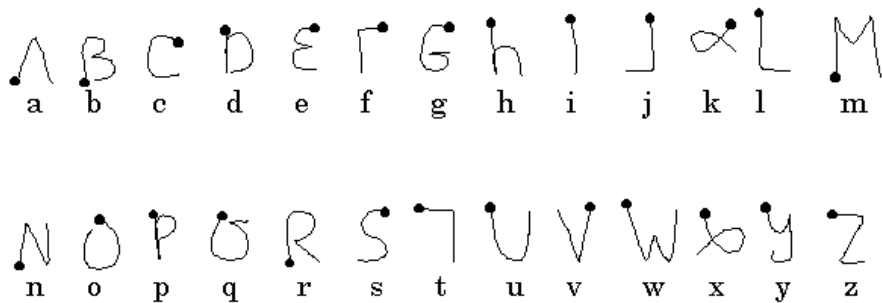


Abbildung 8. Das Graffiti-Alphabet[8].

ausgewählte Modell wird durch "Komplexität" bewertet und richtet sich nach den folgenden Regeln:

- Jede gerade Linie, die für das Zeichnen eines Buchstabens nötig ist, hat die Komplexität "eins"
- Runde Figuren werden durch eine minimale Zahl von geraden Linien ersetzt
- Wenn der Buchstabe aus getrennten Strichen besteht, wird der Endpunkt von Strich "n" mit dem Startpunkt von Strich "n + 1" durch eine zusätzliche gerade Linie verbunden (bei dem englischen Alphabet tritt dieser Fall nicht auf)
- Die Linien werden gezählt, um die Komplexität eines Buchstabens zu berechnen. Ein Beispiel von Buchstaben mit deren minimalen geradlinigen Versionen kann man in der Abbildung 10 sehen.

Die Komplexität nach dem Modell von Isokoski von den vier Symbolmengen, nämlich der römischen Schrift, Graffiti, Unistrokes und MDTIM, ist in der Abbildung 11 dargestellt. Die zweite Spalte "Gewicht" in dieser Abbildung gibt die Häufigkeit des entsprechenden Buchstabens in der englischen Sprache an; die Zahlen in der letzten Reihe zeigen die durchschnittliche Komplexität jeder der Symbolmengen an. Diese Komplexität ergibt sich aus dem Durchschnitt der Werte, die sich beim Multiplizieren der Komplexität jedes Buchstabens mit seiner

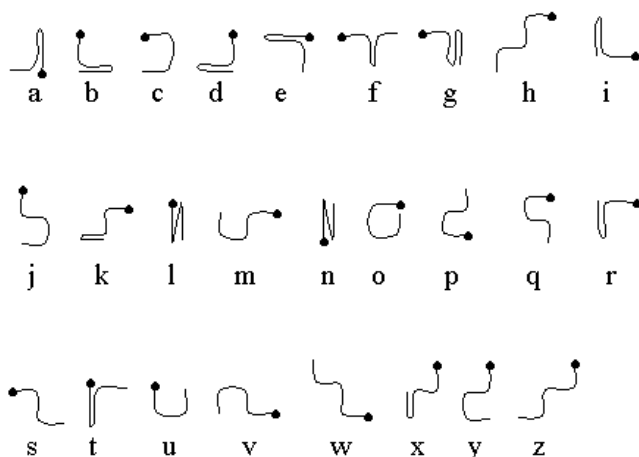


Abbildung 9. Das MDTIM-Alphabet[8].

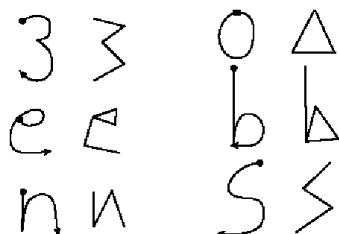


Abbildung 10. Buchstaben und ihre minimale geradlinige Versionen nach dem Modell von Isokoski[7].

Häufigkeit ergeben. Die durchschnittliche Komplexität von der römischen Schrift ist 2,76, von Graffiti - 2,54, von Unistrokes - 1,40, und von MDTIM - 3,06. Diese Werte zeigen, daß Unistrokes die Menge mit der kleinsten durchschnittlichen Komplexität und deswegen die Menge mit den einfachsten Buchstaben ist.

Es sei daran erinnert, daß sich diese Werte nur auf die Schreibzeiten der Buchstaben und nicht der Wörter beziehen.

4 Techniken basiert auf der Neigungserkennung

Statt des Einsatzes einer rein tastenbasierten oder einer Touchscreen-basierten Texteingabetechnik gibt es andere Möglichkeiten, um ein mobiles Endgerät zu bedienen. Im Folgenden werden Techniken vorgestellt, die die Neigung des mobilen Geräts in eine der Bewegungsrichtungen als Eingabe in das Endgerät erkennen - von der einfachen Menu-Navigation bis zu der Texteingabe.

Buchstabe	Gewicht	R	G	U	M	Buchstabe	Gewicht	R	G	U	M
a	0.0661	4	2	1	3	n	0.049	3	3	2	3
b	0.0132	4	5	2	3	o	0.0539	3	3	3	4
c	0.0192	2	2	2	3	p	0.0125	4	3	3	4
d	0.0352	4	3	2	3	q	0.0006	6	4	3	4
e	0.1083	4	4	1	3	r	0.0478	3	4	1	3
f	0.0146	4	2	2	4	s	0.0494	3	3	3	3
g	0.0177	6	4	2	4	t	0.0797	3	2	1	3
h	0.0628	3	3	2	4	u	0.025	3	2	2	3
i	0.042	3	1	1	3	v	0.0081	2	2	2	4
j	0.0013	4	2	2	4	w	0.0233	4	4	3	4
k	0.0087	5	3	1	4	x	0.0011	3	3	3	4
l	0.0364	1	2	2	3	y	0.017	5	3	1	4
m	0.0201	5	4	2	4	z	0.0005	3	3	3	4
						Leerzeichen	0.1866	0	1	0	2
						Komplexität		2.76	2.54	1.4	3.06

Abbildung 11. Komplexität von unterschiedlichen Symbolmengen nach dem Modell von Isokoski. Die Werte in der zweiten Spalte "Gewicht" der Tabelle geben die Häufigkeit von dem entsprechenden Buchstaben in der englischen Sprache an. R steht für die römische Schrift, G - für Graffiti, U - für Unistrokes und M für MDTIM. Die Zahlen in der letzten Reihe "Komplexität" zeigen die durchschnittliche Komplexität jeder der vier Symbolmengen.[7].

4.1 Einfache Neigungsnavigationsvorgänge

Wenn man die Erkennung von der Neigung eines Geräts mit Tastendrücken kombiniert (Abbildung 12), ist es möglich Anwendungen zu entwickeln, die z.B. bei Menu-Navigtionen, bei Bildlaufisten und bei Landkarten- und 3D-Objektbetrachtern eingesetzt werden könnten.

In diesem Zusammenhang ist ein Prototyp entwickelt worden[1]. Er besteht aus einem Bildschirm, einem Positions- und Orientierungssensor, zwei Tasten sowie einem separaten Rechner. Der Positions- und Orientierungssensor wird zur Erkennung von Neigungen des Bildschirms verwendet. Der Rechner dient zur Berechnung der Neigungen. Die ersten mit diesem Prototyp implementierten Beispiele sind Navigtionen von einem zylindrischen und einem tortenförmigen Menu (Abbildung 13). Die Grundoperationen und deren Reihenfolge bei den beiden Menus sind gleich:

- Zuerst Drücken einer Taste
- Bewegung der Menu-Objekte zum Zentrum des Bildschirms durch Neigung des Bildschirms in eine Richtung, während die Taste immer noch gedrückt ist
- Herabdrücken der Taste.

Bei dem zylindrischen Menü z.B. muß der Benutzer den Bildschirm um die horizontale Achse drehen, um die gewünschten Menü-Objekte zu wählen. Es gibt

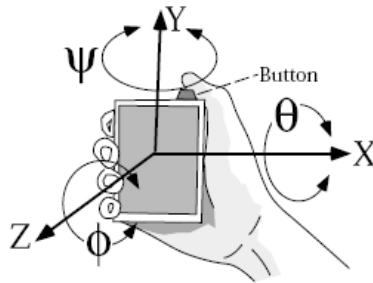


Abbildung 12. Funktionskonzept der Neigungserkennung. Der Neigungssensor mißt die absolute Ausrichtung des Sensors in Weltkoordinaten. Das Meßergebnis wird dann in der relativen Rotation um den Körper umgerechnet.[1].



Abbildung 13. Menu-Navigation durch Neigungserkennung. Links ist ein zylindrisches und rechts ein tortenförmiges Menu dargestellt[1].

auch eine andere Idee, nach der ein Menü-Objekt ausgewählt werden kann, die im Prototyp nicht implementiert worden ist. Es wird ein Zeiger durch die Neigung des Geräts bewegt und die Menü-Objekte bleiben dabei auf dem Bildschirm fixiert.

Andere im Prototyp implementierten Beispiele sind ein Karten- und ein 3D-Objekt-Betrachter. Beim Kartenbetrachter wird der Sichtpunkt auf eine Landkarte durch die Neigung des Geräts navigiert. Wenn der Benutzer z.B. die rechte Seite der Karte sehen möchte, drückt er eine Taste und neigt das Gerät nach rechts. Beim 3D-Objektbetrachter könnte der Benutzer ein virtuelles 3D-Objekt so anschauen, als ob er ein reales 3D-Objekt in seiner Hand betrachten würde. Bei einer Neigung des Geräts ist zu beachten, daß der Benutzer das Gerät nicht zu viel neigen muß, weil er so den Augenkontakt mit dem Bildschirm verlieren könnte.

4.2 TiltType: Texteingabe für sehr kleine Endgeräte

Es ist fast unmöglich, die Texteingabe bei sehr kleinen Endgeräten durch die ausschließlich tastenbasierte oder Plastikstift-basierte Texteingabetechnik vorzunehmen. Solche Geräte in der Größe einer Armbanduhr haben keinen Raum für eine Tastatur und sind mit kleinen Bildschirmen ausgestattet. Bei der Benutzung eines kleinen Plastikstifts würde man den kleinen Bildschirm aus dem Augenschein nahezu verlieren. Bei solchen Geräten werden oft unterschiedliche Texteingabetechniken verwendet, die "Navigiere/Wähle" genannt werden. Bei diesen Techniken sucht zunächst der Benutzer das Alphabet Buchstabe für Buchstabe durch. Wenn der gewünschte Buchstabe erreicht wird, wählt der Benutzer ihn. Die Texteingabegeschwindigkeit ist aber zu langsam.

Diesbezüglich hat man ein Gerät (Abbildung 14) in der Größe von einer Handuhr gebaut, das TiltType genannt wurde[2]. TiltType ist mit einem Neigungssensor und vier Tasten ausgestattet und kombiniert Neigungserkennung mit Tastendruck zur Texteingabe. Um einen Buchstaben einzutippen, muß der Benutzer zuerst entweder das Gerät stillhalten oder in einer der Kompassrichtungen (Nord, Nordosten, Ost, etc.) neigen. Drückt der Benutzer dann eine der vier Tasten, erscheint auf dem Bildschirm vorläufig der Buchstabe, der der Taste und der Neigungsrichtung entspricht. Wenn der Benutzer die Neigungsrichtung ändert, während die Taste immer noch gedrückt ist, wird der Buchstabe der neuen Neigungsrichtung angezeigt. Beim Herabdrücken der Taste wird die gewählte Buchstabe als Eingabe angenommen.

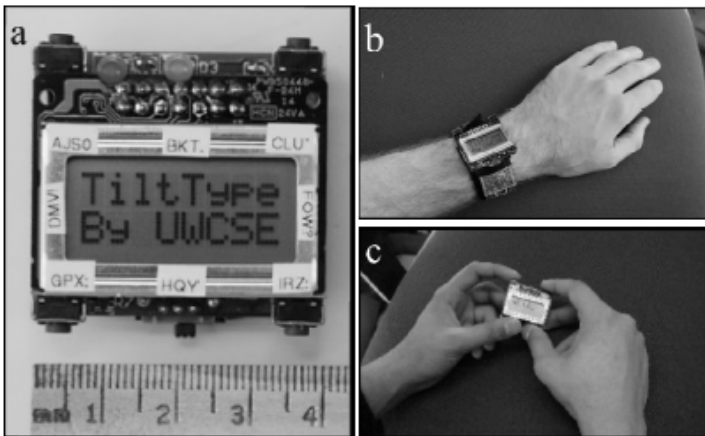


Abbildung 14. Der TiltType-Prototyp. (a) Die Beschriftungen bezeichnen die Buchstaben, die eingegeben werden können, bei Neigung des Geräts in der jeweiligen Richtung. (b) TiltType ist klein genug und kann als Handuhr getragen werden. (c) Zwei Hände sind bei der Texteingabe nötig[2].

Abbildung 15 zeigt die Zuordnung der Buchstaben, der Zahlen und der speziellen

Zeichen zu der jeweiligen Kombination aus Tastendruck und Neigungsrichtung. Zusätzlich zu dem normalen Neigungswinkel (zw. 15° und 60°) zur Eingabe gibt es extreme Neigungswinkel, die der Vertikale sehr nah sind. Die extremen Neigungen machen neue Positionen für andere Symbole frei. So wird bspw. anhand der Abbildung ersichtlich, daß bei einem Tastendruck Platz nur für neun Ziffern vorhanden ist. Durch den extremen Neigungswinkel ist auch die Eingabe von der zehnten Ziffer, nämlich die '0', möglich. Eine Taste ist für den Rückschritt sowie für die Groß- und Kleinschreibung des nächsten einzugebenden Buchstabens reserviert.

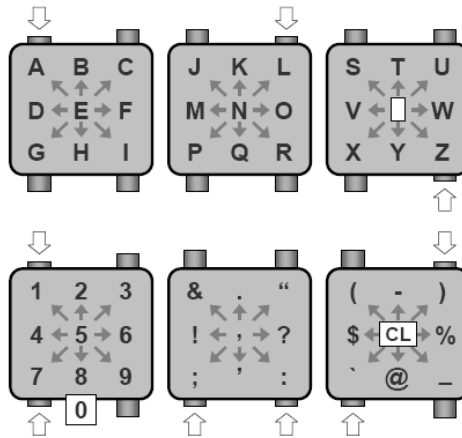


Abbildung 15. Zuteilung der Symbole zu der jeweiligen Kombination aus Tastendruck und Neigungsrichtung[2].

Ein Nachteil von TiltType besteht darin, daß es zur Bedienung mit einer Hand nicht so bequem ist. Zu erwähnen ist auch, daß sich die Fehlerquote bei einer Bewegung des Benutzers erhöht.

4.3 TiltText: Texteingabe für Mobiltelefone

TiltText ist eine neue Technik zur Texteingabe bei Mobiltelefonen. Die Standardtastatur eines Mobiltelefons, die aus 12 Tasten besteht, führt zu Mehrdeutigkeit bei der Texteingabe, wenn die 26 Buchstaben des lateinischen Alphabets den Tasten 2 bis 9 zugeordnet werden. Jeder Taste ist mindestens ein Buchstabe zuzuordnen. Dabei entsteht das Problem, daß beim Drücken einer Taste nicht klar ist, welcher Buchstabe gemeint ist. Die TiltText nutzt die Orientierung des Telefons im Raum, um diese Mehrdeutigkeit zu vermeiden. Um einen Buchstaben zu wählen, muß der Benutzer eine Taste drücken und das Mobiltelefon in eine der vier Richtungen nach vorne, nach hinten, nach links oder nach rechts neigen. Die Zuordnung der Buchstaben zu den Tasten und der Neigungsrichtung ist in

der Abbildung 16 dargestellt. Auf der Taste 2 z.B. sind die Buchstaben 'a','b','c' abgebildet. Das Drücken dieser Taste und die gleichzeitige Neigung des Geräts nach links wird 'a' ergeben, die Neigung nach vorne - 'b' und die Neigung nach rechts - 'c'. Bei keiner Neigung des Geräts wird eine "2" gewählt. Also wird bei der TiltText wie der TiltType die Kombination aus einem Tastendruck und einer Neigung des Geräts in einer der vier Bewegungsrichtungen verwendet. TiltText unterscheidet sich aber von TiltType in der Tastatur, die verwendet wird.

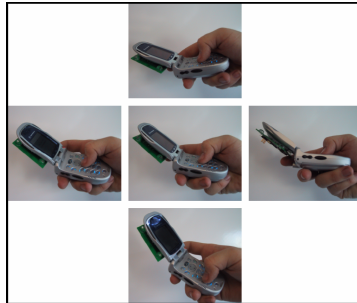


Abbildung 16. TiltText. Die zentrale Abbildung zeigt ein nicht geneigtes Mobiltelefon. Bei einem Tastendruck wird dann eine Nummer eingegeben. Linke Abbildung: eine Neigung nach links wird die erste Buchstabe in der Tastenbeschriftung eingeben. Obere Abbildung: eine Neigung nach vorne wird die zweite Buchstabe in der Tastenbeschriftung ergeben. Rechte Abbildung: eine Neigung nach rechts wird die dritte Buchstabe in der Tastenbeschriftung ergeben. Untere Abbildung: eine Neigung nach hinten wird die vierte Buchstabe(falls vorhanden) in der Tastenbeschriftung ergeben.[3].

Bei der Bestimmung der Neigungsrichtung wird die Richtung gewählt, die die größte Neigung relativ zu einer "Originalposition" hat. Es gibt drei Haupttechniken, durch die die Neigungsrichtung bestimmt werden kann: Neigung nach dem Tastendruck, absolute Originalposition und relative Originalposition.

Neigung nach dem Tastendruck Bei dieser Technik wird die Differenz zwischen den Werten des Neigungssensors beim Tastendruck und bei dem Herabdrücken der Taste berechnet. Dies erfordert, daß der Benutzer drei Operationen vornimmt: den Tastendruck, die Neigung des Mobiltelefons, sowie das Herabdrücken der Taste.

Absolute Originalposition Diese Technik vergleicht den Wert des Neigungssensors beim Tastendruck mit einer absoluten Originalposition. Nur zwei Operationen im Gegensatz zu der vorherigen Technik sind erforderlich: das Neigen des Telefons und der Tastendruck. Das ist aber auch nicht optimal, weil in der Realität ein Benutzer nicht immer die gleiche Handhaltung hat, so daß eine "Originalposition" unpraktisch für ihn wäre.

Relative Originalposition Diese Technik berechnet die Neigungsrichtung auch relativ zu einer Originalposition, die aber immer gesetzt wird, wenn die Handbewegung zur Texteingabe beginnt. Diese Handbewegung wird bestimmt, indem man die Änderung der Richtung der Handbewegung unter ständiger Beobachtung hält. Das löst das erwähnte Problem bei der absoluten Originalposition. Während alle Neigungsrichtungen relativ zu dem Beginn der Handbewegung berechnet werden, existiert keine absolute Originalposition, die der Benutzer immer berücksichtigen muß. Ferner erfordern die gegenseitigen Neigungsrichtungen zur Eingabe zweier Buchstaben wie z.B. 'a' und 'c' nicht die zweimalige Neigung des Mobiltelefons, wie bei der absoluten Originalposition der Fall ist.

Ein Experiment zum Vergleich von der Multi-Tastendruck-basierten Texteingabe mit dem TiltText ist durchgeführt worden[3]. Dabei ist bei TiltText die Technik Absolute Originalposition verwendet worden. Das Experiment ist in Blöcken geteilt worden, wobei Sätze in Englisch eingegeben werden mußten. Die Ergebnisse des Experiments (Abbildung 17) zeigten, daß die Texteingabegeschwindigkeit (Tippfehler einschließlich) von TiltText mit 22,9 % höher ist als die der Multi-Tastendruck-basierten Texteingabe. Die Fehlerraten von TiltText

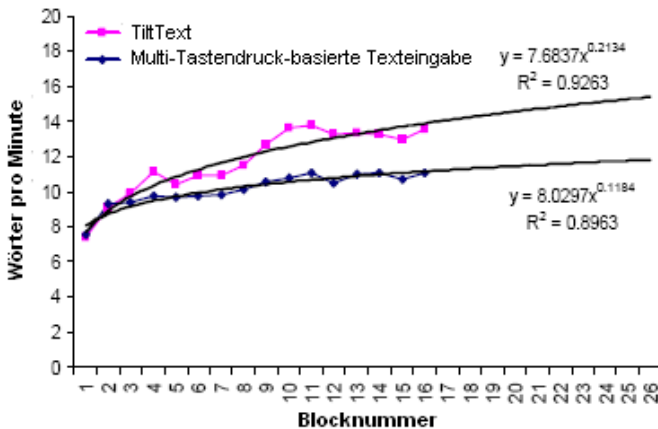


Abbildung 17. Texteingabegeschwindigkeit bei der Multi-Tastendruck-basierten Texteingabe und bei TiltText[3].

waren aber höher, auch wenn der Benutzer viel Erfahrung mit TiltText hatte.

5 Diskussion und Ausblick

Im Rahmen dieser Arbeit sind viele Texteingabetechniken vorgestellt worden. Als erste ist die Multi-Tastendruck-basierte Texteingabe behandelt worden,

weil sie die derzeit am weitesten verbreitete Technik zur Texteingabe bei Mobiltelefonen ist. Aus diesem Grund ist sie als Basis für viele Vergleiche zwischen den unterschiedlichen Texteingabetechniken verwendet worden.

Die durchgeführten Experimente und ihre Ergebnisse haben aber gezeigt, daß die Multi-Tastendruck-basierte Texteingabe nicht unbedingt die höchste Texteingabegeschwindigkeit hat, auch wenn die z. Z. am weitesten verbreitet ist. Der Twiddler mit 65,3 Wörtern pro Minute (WPM), virtuelle Tastaturen ab 20 WPM und TiltText mit 16 WPW zeigen eine bessere Leistung als die Multi-Tastendruck-basierte Texteingabe (13,57 WPM). Die durchschnittliche Anzahl der Tastendrucke pro Buchstabe von der wörterbuchbasierten Texteingabe (fast 1 für Englisch), von dem Twiddler (1,4764) und von der Zwei-Tasten-Druck-basierten Texteingabe (2) sind auch besser als die der Multi-Tastendruck-basierten Texteingabe (2,03).

Der Twiddler mit 65,3 Wörtern pro Minute hat die höchste Texteingabegeschwindigkeit unter allen anderen hier vorgestellten Texteingabetechniken, aber nur wenn sich der Benutzer gut mit dem Twiddler auskennt. Der Vorteil von dem Twiddler ist, daß es mehrere Tastendrucke gleichzeitig erlaubt. Andererseits kann der Benutzer allein eine Kombination von Tasten definieren, durch die nicht nur ein Buchstabe, sondern auch ein ganzes Wort eingetippt werden kann - jedoch sinnvoll bei oft verwendeten Wörtern wie z.B. 'ist' in Deutsch. Das hat eine positive Auswirkung auf die beiden Werte, nämlich WPM sowie den Wert der durchschnittlichen Anzahl der Tastendrucke pro Buchstabe. Der Twiddler hat aber seine Nachteile. Der Twiddler kann nicht intuitiv bedient werden und die Tastenkombinationen für die Buchstaben müssen von den Benutzern gelernt werden. Der Twiddler ist auch in kein echtes mobiles Endgerät integriert worden; und in diesem Fall müßten erneut Experimente über seine Texteingabegeschwindigkeit durchgeführt werden.

Die Studie über die Auswirkung der Größe einer virtuellen Tastatur auf die Texteingabegeschwindigkeit ergibt, daß sich die Texteingabegeschwindigkeit proportional zur Größe der Tastatur verhält. Trotzdem ist die kleinste virtuelle Tastatur (20 WPM) schneller als die Multi-Tastendruck-basierte Texteingabe (13,57 WPM). Ein Nachteil von virtuellen Tastaturen ist aber, daß sie Berührungsbildschirme voraussetzen, die breiter als 6,8 cm sind. Ein weiterer Nachteil besteht darin, daß sie wie Unistrokes mit den beiden Händen bedient werden müssen.

Die wörterbuchbasierte Texteingabe hat eine sehr niedrige durchschnittliche Anzahl der Tastendrucke pro Buchstabe (fast 1 für Englisch) - die niedrigste im Vergleich zu dem Twiddler (1,4764), der Zwei-Tasten-Druck-basierten Texteingabe (2) sowie der Multi-Tastendruck-basierten Texteingabe (2,03). Sie ist aber sprachabhängig und für eine andere Sprache außer der Englischen könnte eventuell dieser Wert steigen. Die wörterbuchbasierte Texteingabe ist für Abkürzungen noch nicht geeignet.

Der Wert der Komplexität von Unistrokes und von Unistrokes ähnlichen Alphabeten nach dem Modell von Isokoski zeigt, daß Unistrokes die Menge mit den einfachsten Symbolen im Vergleich zu MDTIM, Graffiti und der englischen Schrift ist. Ein Nachteil sowohl von Unistrokes als auch von MDTIM ist aber, daß ihre Symbole den regulären, handgeschriebenen Buchstaben nicht ausreichend ähnlich sind und von dem Benutzer gelernt werden müssen, was bei Graffiti nicht der Fall ist. 79 % von den Graffiti-Symbolen entsprechen den Buchstaben des englischen Alphabets, was es intuitiv für den Benutzer macht.

Wenn es um sehr kleine mobile Endgeräte geht, ist TiltType die bestgeeignete Texteingabetechnik, weil hier die Anwendung von einer Tastatur, von Unistrokes oder von virtuellen Tastaturen fast unmöglich wäre.

Wenn man zuletzt die Erkennung der Neigung eines Geräts mit Tastendrücken kombiniert, ist es möglich, bequeme eindrucksvolle Anwendungen zu entwickeln, die z.B. bei Menu-Navigtionen, bei Bildlauflisten oder auch bei Landkarten- und 3D-Objektbetrachtern eingesetzt werden könnten. Bei dem 3D-Objekt-Betrachter kann der Benutzer ein virtuelles 3D-Objekt so anschauen, als ob er ein reales 3D-Objekt in seiner Hand halten würde.

Literatur

1. Rekimoto, J.: Tilting operations for small screen interfaces. In: Symposium on User Interface Software and Technology, New York, NY, USA, ACM Press (1996) 167-168
2. Partridge, K., Chatterjee, S., Sazawal, V., Borriello, G., Want, R.: Tilttype: Accelerometer-supported text entry for very small devices. In: UIST '02: Proceedings of the 15th annual ACM symposium on User interface software and technology, New York, NY, USA, ACM Press (2002) 201-204
3. Wigdor, D., Balakrishnan, R.: Tilttext: using tilt for text input to mobile phones. In: UIST '03: Proceedings of the 16th annual ACM symposium on User interface software and technology, New York, NY, USA, ACM Press (2003) 81-90
4. Institut für Medieninformatik LMU München: Hauptseminar "Mobile Interaktion und mobile Medien", <http://www.medien.ifi.lmu.de/lehre/ss2005/hs.html> (2005)
5. Lyons, K., Starner, T., Plaisted, D., Fusia, J., Lyons, A., Drew, A., Looney, E.W.: Twiddler typing: one-handed chording text entry for mobile phones. In: CHI '04: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, New York, NY, USA, ACM Press (2004) 671-678
6. Sears, A., Revis, D., Swatski, J., Crittenden, R., Shneiderman, B.: Investigating touchscreen typing: the effect of keyboard size on typing speed. Number CS-TR-2662 (1991)
7. Isokoski, P.: Model for unistroke writing time. In: CHI '01: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, New York, NY, USA, ACM Press (2001) 357-364
8. MacKenzie, I.S., Soukoreff, R.W.: Text entry for mobile computing: Models and methods, theory and practice. (2002)